



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

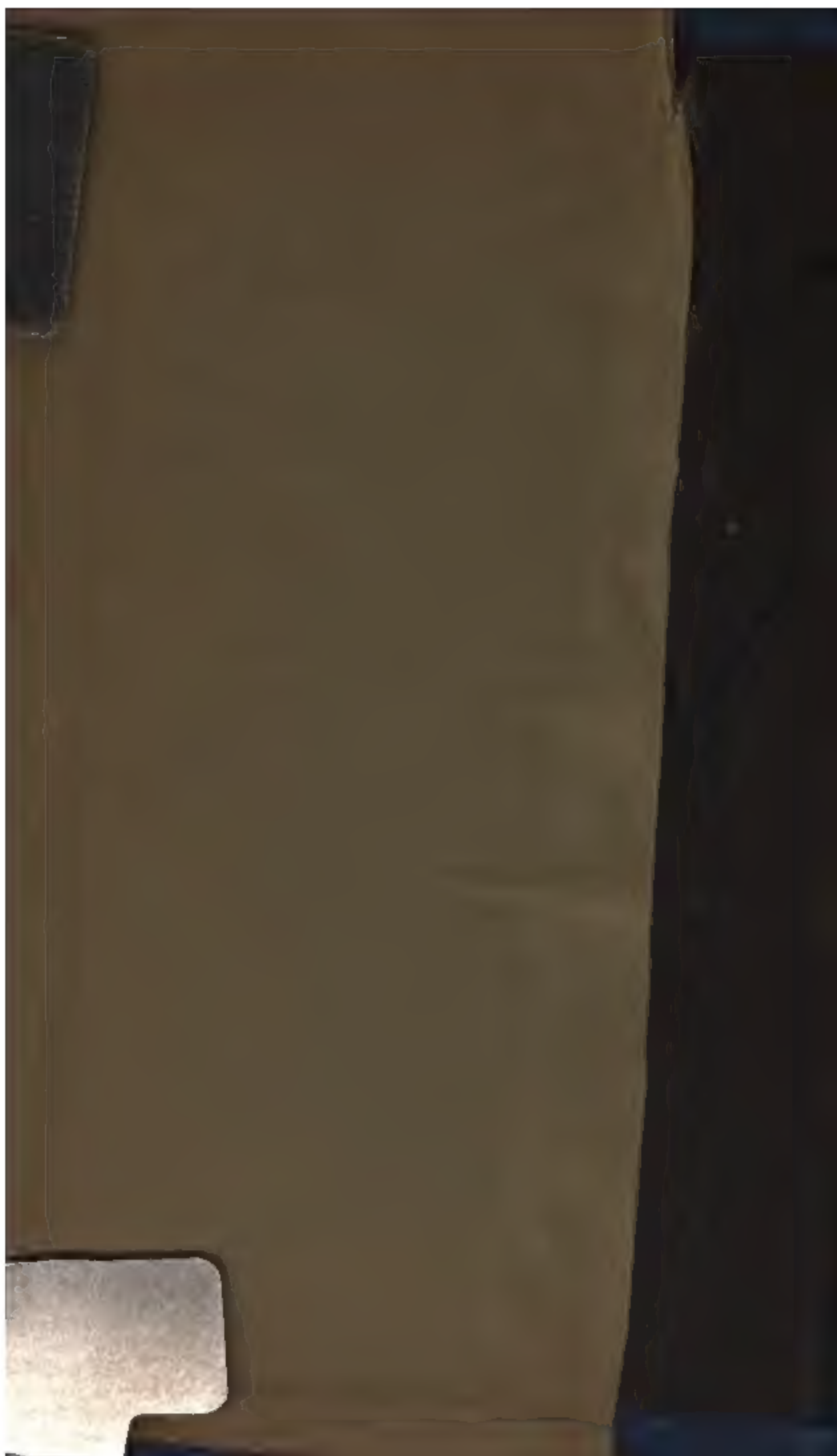
Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

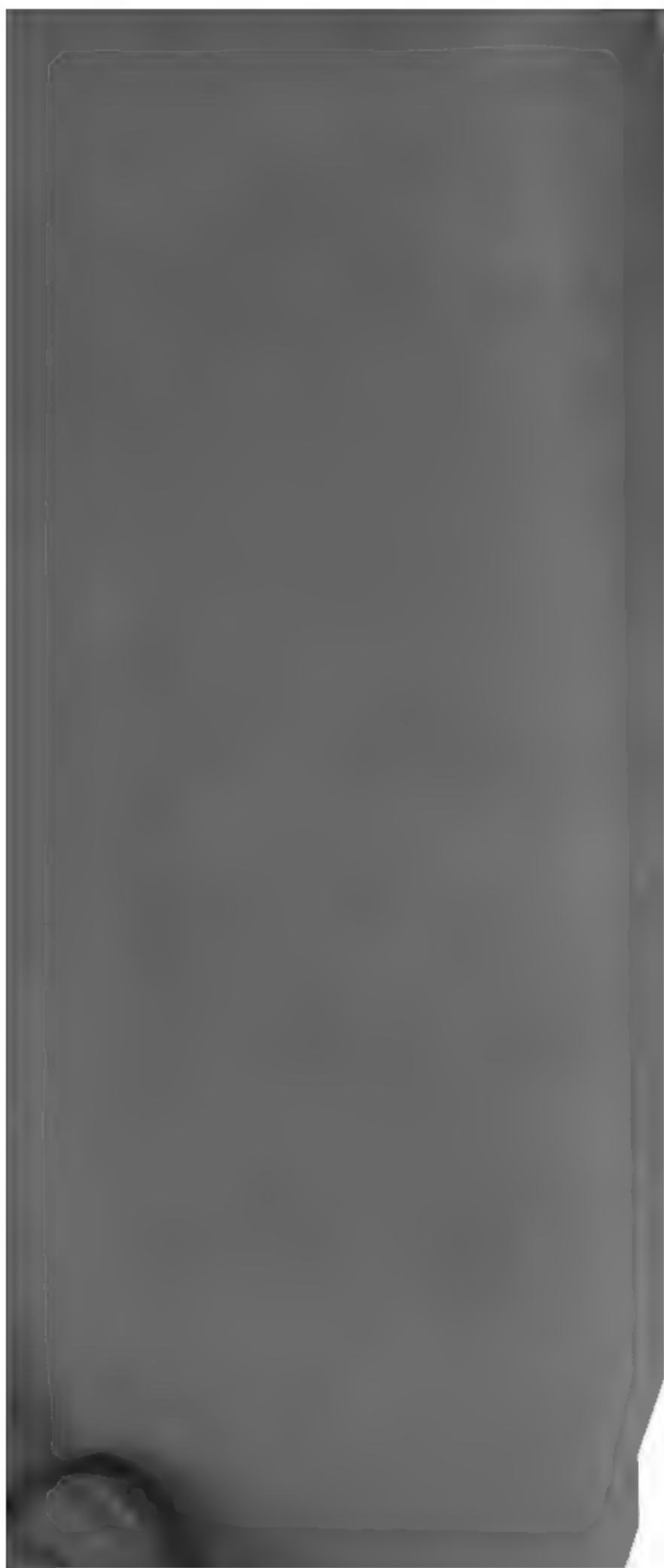
NYPL RESEARCH LIBRARIES



3 3433 06274715 3



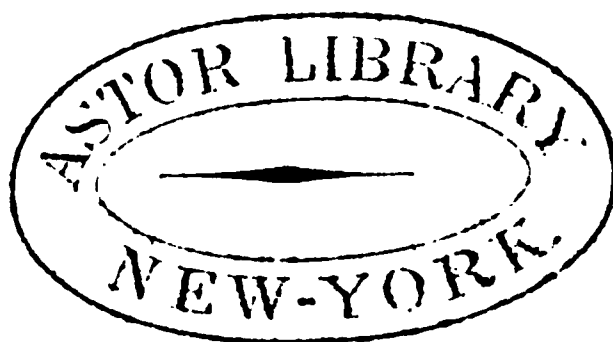




ANNALEN
DER
PHYSIK UND CHEMIE.

B A N D LXXII.

ANNALEN
DER
P H Y S I K
—
UND
C H E M I E.



HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

42
ZWEI UND SIEBZIGSTER BAND.

—
DER GANZEN FOLGE HUNDERT ACHT UND VIERZIGSTER.

NEBST FÜNF KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1847.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIOUS BARTH.

I n h a l t

des Bandes LXXII der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

	Seite
I. Untersuchungen über das specifische Gewicht, die Ausdehnung durch die Wärme und den Siedpunkt einiger Flüssigkeiten; von H. Kopp.	1
Einleitung, S. 1. — Construction des Thermometers, S. 7.	
Construction des Dilatometers, S. 9. — Anstellung der Ausdehnungsversuche, S. 19. — Berechnung der Ausdehnungsversuche, S. 26. — Bestimmung des specifischen Gewichts, S. 34. — Bestimmung des Siedpunkts, S. 38. — Untersuchung des Wassers, S. 43 — des Holzgeistes, S. 48 — des Alkohols, S. 54.	
II. Fortgesetzte magnetische Versuche; von P. W. Haecker.	63
III. Prismatische Zerlegung der Farben verschiedener Flüssigkeiten; von J. Müller.	76
IV. Erläuterungen über die Natur der Lichtflamme; von C. H. Volger.	82
(Die dazu gehörigen Figuren folgen mit nächstem Heft.)	
V. Vergleichende Uebersicht der natürlichen Silicate nach den Sauerstoffverhältnissen ihrer Bestandtheile; von C. Rammelsberg.	95
VI. Der Leidenfrost'sche Versuch auf Glas; von A. Moritz.	112
VII. Ueber die quantitative Bestimmung der Aschenbestandtheile thierischer Substanzen und über die Methode, die Phosphorsäure von den alkalischen Erden und den Alkalien durch ein Bleisalz zu scheiden; von W. Heintz.	113
VIII. Ueber die Zusammensetzung des schwarzen Ytterotants von Ytterby in Schweden; von H. Rose.	155
IX. Physikalische Beobachtungen über die hauptsächlichsten Giseire Islands; von R. Bunsen.	159
X. Meteoreisen-Fall bei Braunau in Böhmen am 14. Jul. d. J.; Mittheilung von C. Beinert.	170
XI. Kohlenbildung auf nassem Wege; von R. Göppert.	174

- XII. Bemerkung zu dem Aufsatz: „Die Berechnung des specifischen Gewichts von Gemengen; von C. Schmidt.**
XIII. Merkwürdiger Blitzschlag.

Zweites Stück.

- I. Ueber die Abhängigkeit einiger Cohäsionserscheinungen flüssigen Körper von der Temperatur; von M. L. Frankenheim. . . .**
II. Untersuchungen über das specifische Gewicht, die Ausdehnung durch die Wärme und den Siedepunkt einiger Flüssigkeiten; von H. Kopp. (Schluß.)
 Untersuchung des Fuselalkohols, S. 223 — des Aethers, S. 228 — des Aldehyds, S. 232 — des Acetons, S. 236 — des Benzols, S. 239 — der Ameisensäure, S. 243 — der Essigsäure, S. 248 — der Buttersäure, S. 253 — des Ameisenholzäthers, S. 258 — des Ameisenäthers, S. 262 — des Essigholzäthers, S. 266 — des Essigäthers, S. 271 — des Butterholzäthers, S. 276 — des Butteräthers, S. 281 — des Valerianholzäthers, S. 287. — Uebersicht der Resultate der Ausdehnungsversuche, S. 291.
III. Ueber die Lichtzerstreuung in der Atmosphäre und über die Intensität des durch die Atmosphäre reflectirten Sonnenlichts; von R. Clausius. 1
IV. Ueber die Abstossung der optischen Axen der Krystalle durch die Pole der Magnete; von Plücker. 1
V. Ueber das Verhältniß zwischen Magnetismus und Diamagnetismus; von Denselben. 2
VI. Beobachtung der weißen Nebensonnen auf dem durch die Sonne gehenden Horizontalkreise; von J. G. Galle. 3

Drittes Stück.

- I. Ueber das Dellmann'sche Elektrometer; von R. Kohlrausch. . . . 3**
II. Ueber Ströme von Flaschensäulen; von H. W. Dove. . . . 4
III. Die Ausdehnung einiger flüssigen Körper durch die Wärme; von M. L. Frankenheim. 4
IV. Ueber eine Vereinfachung des Heliostats; von C. A. Gröel. . . 4

VII

	Seite
V. Vom dynamischen Gleichgewicht der Elektricität in einem Körper und in unbegrenztem Raume; von W. Smaasen.	435
VI. Ueber die Einwirkung des Ozons, Chlors und Broms auf Mangan- und basische Bleisalze; von C. F. Schönbein.	450
VII. Ueber eine eigenthümliche sympathetische Dinte und die Anwendung des mangansuperoxydhaltigen Papiers als Reagenz auf schweflige und salpetrige Säure; von Demselben.	457
VIII. Ueber eine eigenthümliche Bildungsweise der Uebermangansäure; von Demselben.	459
IX. Neuere Versuche über die Anwesenheit des Ozons in der atmosphärischen Luft; von Demselben.	462
X. Das Ozon als Reagenz für Mangan; von Demselben.	466
XI. Ueber die Bläue des Eises in hohen Gebirgsregionen; von G. Osann.	468
XII. Bemerkungen über das specifische Gewicht des Samarskits (Uranotantal); von H. Rose.	469
XIII. Analyse des Braunauer Meteoreisens; von A. Duflos und N. W. Fischer.	475
XIV. Ueber die Bildung einer blauen Oxydationsstufe des Platins, so wie einiger anderen Oxyde der edlen Metalle auf galvanischem Wege; von Hittorf.	481
XV. Ein neues Gasometer; von Wallmark.	485
XVI. Callan's Volta'sche Batterie.	495

Viertes Stück.

I. Ueber die Auflösung der Gleichungen, auf welche man bei Untersuchung der linearen Vertheilung galvanischer Ströme geführt wird; von G. Kirchhoff.	497
II. Ueber die Fraunhofer'schen Gitterspectra und Analyse des Lichtes derselben; von O. F. Mosotti.	509
III. Chr. Doppler's neueste Leistungen auf dem Gebiet der physikalischen Apparatenlehre, Akustik, Optik und optischen Astronomie, dargestellt von B. Bolzano.	530
IV. Ueber das goldhaltige Glas; von H. Rose.	556
V. Untersuchung einiger Mineralien, welche tantalsäure-ähnliche Metallsäuren enthalten; von Th. Scheerer.	561

- VI. Chemische Untersuchung der Quellenabfälle des Alexishofes
Harze; von C. Rammelsberg.
- VII. Fortsetzung der Untersuchung des Meteorisens von Braunsberg;
N. W. Fischer.
- VIII. Ueber das Meteorisen von Braunsberg; von W. Haidinger

Nachweis zu den Kupfertafeln.

- Taf. I. — Kopp, Fig. 1, S. 19; Fig. 2, S. 22; Fig. 3, S. 35; Fig. 4
— Frankenheim, Fig. 5, S. 184. — Smaasen, Fig. 6, S. 436;
S. 442. — Bolzano, Fig. 8, S. 532; Fig. 9, S. 538; Fig. 10
S. 539; Fig. 12, S. 541.
- Taf. II. — Müller, Fig. 1, S. 78; Fig. 2 bis 12, S. 79.
- Taf. III. — Volger, Fig. 1, S. 87; Fig. 2 und 3, S. 88; Fig. 4
S. 90; Fig. 6 und 7, S. 92; Fig. 8, S. 90. — Mossotti, Fig. 9,
Fig. 10, S. 511 und 516; Fig. 11, S. 528; Fig. 12, S. 529.
- Taf. IV. — Beinert, Fig. 1, und 2, S. 173.
- Taf. V. — Kohlrausch, Fig. 1, S. 355; Fig. 2, S. 356; Fig. 3,
— Kirchhoff, Fig. 4 und 5, S. 508. — Wallmark, Fig. 6,
8, S. 485; Fig. 9 und 10, S. 486; Fig. 11, 12 und 13, S. 487.
-

Berichtigungen

- zum Aufsatz von Clausius:
Seite 294, Zeile 1 von unten ist zu lesen: 38 statt 36.
— 312, Zeile 11 von unten ist zu lesen: *Ueber* statt *Unter*.

I. *Untersuchungen über das specifische Gewicht, die Ausdehnung durch die Wärme und den Siedepunkt einiger Flüssigkeiten;*

von Hermann Kopp.

Einleitung.

1) Die Untersuchungen über die Abhängigkeit des specifischen Gewichts und des Siedepunkts von der chemischen Constitution haben seit einigen Jahren mehrere Naturforscher beschäftigt. Diese Untersuchungen richteten sich bald vorzüglich auf die bei flüssigen organischen Verbindungen statthabenden Regelmäßigkeiten; daß solche bei diesen Körpern stattfinden, zeigte ich zuerst vor sechs Jahren (diese Annal. Bd. 54, S. 207, Ann. der Chem. u. Pharmac. Bd. 41, S. 79 und 169), und seit dieser Zeit waren neben mir Mehrere bemüht, diese statthabenden Regelmäßigkeiten genauer zu erkennen und dafür allgemeinere Ausdrücke zu gewinnen.

Die Resultate, welche gefunden wurden, wichen bald sehr von einander ab. Die Ursachen davon waren verschiedener Art. Zum Theil waren es die abweichenden Ansichten in Beziehung auf die Art und Weise, wie aus den vorhandenen Beobachtungen allgemeinere Resultate abzuleiten seyen; zum Theil die verschiedenen Ansichten über die Genauigkeit oder die Fehlergränze der vorhandenen und benutzten Beobachtungen; zum Theil endlich die mangelhaften Kenntnisse über Gegenstände, welche für solche Untersuchungen nothwendige Elemente bilden.

Bei den Untersuchungen über das specifische Volum flüssiger organischer Verbindungen, eine mit der Temperatur sich ändernde Eigenschaft, vermifste man vorzüglich die Kenntniß, um wieviel bei den verschiedenen Flüssigkeiten

sich das Volum mit der Temperatur ändere. ~~Es~~ war zu jener Zeit, wo ich diese Untersuchungen nur die Ausdehnung dreier hierhergehöriger Flüssigkeiten in Beziehung auf ihre atomistische Constitution genau bekannt waren, untersucht: des Wassers ~~und~~ Alkohols und des Aethers. Erst in neuerer Zeit die Ausdehnung mehrerer anderer Flüssigkeiten von der atomistischen Constitution Beobachtungen verwendet worden; Pierre hat in den *Annales de chimie et physique*, November- und Decemberheft 1845 (*III* T. XV, p. 325), eine höchst schätzbare Arbeit Ausdehnung von zwölf Körpern (Wasser, Alkoholgeist, Schwefelkohlenstoff, Aether, Chlor-, Brom-äther, Brom- und Jodholzäther, Ameisenäther und Eäther) publicirt.

Ich selbst habe mich seit längerer Zeit mit Untersuchungen derselben Art beschäftigt; die Resultate, welche dieser Abhandlung mittheile, betreffen das specifische Gewicht, die Ausdehnung und den Siedepunkt von Substanzen. Abgesehen davon, daß diese Arbeit für sich einige noch nicht studirte Eigenschaften Verbindungen kennen lehrt, glaube ich, daß eine Vergleichung der von mir erhaltenen Resultate mit den Resultaten der von andern Forschern gewonnenen einen richtigeren Begriff von giebt, innerhalb welcher Grenzen wir das specifische Gewicht, den Siedepunkt und die Ausdehnung der Körper kennen ¹⁾, und daß Einiges für die The

1) Ein richtiges Urtheil hierüber zu gewinnen, ist von größter Wichtigkeit. Wer den Arbeiten über die Abhängigkeit des specifischen Gewichts und des Siedepunkts von der chemischen Constitution gefolgt ist, wird wissen, welche Behauptungen über Fehlergränze der Beobachtungen gestellt worden sind, und welche Entgegnungen meinen Ansichten in dieser Beziehung zu Theil wurden. Ich habe mir viel Mühe gegeben, das specifische Gewicht zu haben, d. h. ich habe gestrebt, für einige Körper das specifische Gewicht und den Siedepunkt innerhalb engerer Fehlergränzen zu lernen, als welche ich dem zeitweiligen Zustand unsers Wissens gehörig betrachtete. Es ist mir nicht in dem Grade gelungen, als ich wünschte. Es ist leicht, das specifische Gewicht einer Flüssigkeit

specifischen Volume und der Siedepunkte flüssiger Verbindungen dadurch geboten wird. Der Zweck, in letzterer Beziehung, und namentlich was die specifischen Volume betrifft, zur besseren Erkenntniß beizutragen, leitete mich in der Wahl der Substanzen, mit welchen ich Versuche anstellte.

2) Die bisherigen Untersuchungen haben die genauere Kenntniß des specifischen Volums für Körper der folgenden Art besonders wünschenswerth gemacht:

I. Körper, deren Zusammensetzung in der Art differirt

man so rein als möglich dargestellt hat, auf ein Tausendtheil, den Siedepunkt einer solchen Flüssigkeit, wenn er constant ist, auf $0^{\circ},1$, die Ausdehnung einer ebensolchen so genau zu bestimmen, daß die Unsicherheitsgränze nicht mehr als $0^{\circ},5$ entspricht. Und desungeachtet kennt man meistens für die *Formel*, für den Körper im gewissermaßen ideal reinen Zustand, das specifische Gewicht nicht bis auf ein Hunderttheil, den Siedepunkt und die Ausdehnung nicht bis auf ein Paar Grade genau. Das schliesse ich daraus, weil Versuche Anderer, denen ich keinen Fehler nachweisen kann, unter sich und mit den meinigen, an denen ich mir alle Mühe gegeben und genügende Controlen angestellt habe, um so viel differiren. Es ist nicht lange her, daß Einer meinte, der Siedepunkt der meisten, selbst sehr hoch siedenden Substanzen sey auf 2 bis 3° genau beobachtet, während fast alle (oder alle) früheren Angaben schon deshalb um mehr unsicher sind, weil die niedrigere Temperatur der Thermometerscale nicht berücksichtigt wurde (vgl. 27). Es ist nicht lange her, daß ein Anderer die Idee hatte, die Differenzen zwischen beobachteten und berechneten specifischen Volumen in Temperaturdifferenzen auszudrücken, die Beobachtungen des spec. Gewichts und des Siedepunkts als sicher zu betrachten, und jene Differenzen gleichsam als Fehler in der Bestimmung der Temperatur anzusehen, für welche das specifische Gewicht beobachtet wurde. Dabei ergeben sich erkleckliche Zahlen, denn die Variation eines specifischen Gewichts oder Volums um ein Hunderttheil entspricht einer gehörigen Anzahl Thermometergrade. Werden wohl noch lange derartige Ansichten über Fehlergränze der Beobachtungen, und wo die Fehler zu suchen sind, laut werden? Werden Einige wohl noch lange die Unsicherheit einer Beobachtungsweise daran zu ermessen suchen, daß sie die Unsicherheiten der Beobachtungen sich auf kleine Differenzen concentriren lassen, z. B. die auf 1 Procent ungenauen Zahlen 100 und 90, und 99 und 91, von einander abziehen, als Reste, die gleich seyn sollten, 10 und 8 erhalten, und dann diese Unsicherheit, die sich bis auf 20 Procent erhebt, als allgemeinen Maafsstab betrachten? Kp.

dafs in dem Einen Sauerstoff an der Stelle von stoff in dem andern ist ¹⁾).

Ich untersuchte Holzgeist ($C_2H_4O_2$) und Amei ($C_2H_2O_4$), Alkohol ($C_4H_6O_2$) und Essigsäure ($C_4H_4O_4$), Alkohol ($C_4H_6O_2$) und Ameisenholzäther ($C_4H_4O_4$), selalkohol ($C_{10}H_{12}O_2$) und Butterholzäther ($C_{10}H_{10}O_4$), Aether ($2 \times C_4H_5O = C_8H_{10}O_2$) und Essigäther ($C_8H_8O_4$), Aether ($2 \times C_4H_5O = C_8H_{10}O_2$) und Buttersäure ($C_8H_8O_4$), Aether (C_4H_5O) und Aldehyd ($C_4H_4O_2$).

II. Körper, deren Zusammensetzung um denselben plex elementarer Atome, oder ein Vielfaches desselb ferirt.

Ich untersuchte Holzgeist ($C_2H_4O_2$), Alkohol ($C_4H_6O_2$), Aether ($2 \times C_4H_5O = C_8H_{10}O_2$), Fuselalkohol ($C_{10}H_{12}O_2$), die sich in ihren Formeln um $x(CH)$ unterscheiden.

Ameisensäure ($C_2H_2O_4$), Essigsäure ($C_4H_4O_4$), E säure ($C_8H_8O_4$), Ameisenholzäther ($C_4H_4O_4$), Ameisen ($C_6H_6O_4$), Essigholzäther ($C_6H_6O_4$), Essigäther ($C_8H_8O_4$), Butterholzäther ($C_{10}H_{10}O_4$), Butteräther ($C_{12}H_{12}O_4$), Valerianholzäther ($C_{12}H_{12}O_4$), Aldehyd ($2 \times C_4H_4O_2 = C_8H_8O_4$), Aceton ($4 \times C_3H_3O = C_{12}H_{12}O_4$), Formeln gleichfalls um $x(CH)$ verschieden sind.

Weingeist ($C_4H_6O_2$) und Aether (C_4H_5O), Hol ($2 \times C_2H_4O_2 = C_4H_8O_4$) und Aether (C_4H_5O), Al ($3 \times C_4H_4O_2 = C_{12}H_{12}O_6$) und Benzol ($C_{12}H_6$), äther ($3 \times C_8H_8O_4 = C_{24}H_{24}O_{12}$) und Benzol ($2 \times C_{12}H_6 = C_{24}H_{12}$), Buttersäure ($3 \times C_8H_8O_4 = C_{24}H_{24}O_{12}$), Benzol ($2 \times C_{12}H_6 = C_{24}H_{12}$), wo sich die Formeln Paares um $x(HO)$ unterscheiden.

III. Körper von gleicher procentischer Zusammense und verschiedenen Eigenschaften.

a) Mit gleichem Atomgewicht und gleichem chemi Charakter: Essigholzäther und Ameisenäther ($C_6H_6O_4$), teräther und Valerianholzäther ($C_{12}H_{12}O_4$).

1) Die hier gegebenen Formeln beziehen sich auf die Atomgewichte O: C=75, H=12,5, oder H=1, C=6, O=8. Die specifischen V gebe ich für beide aus diesen verschiedenen Annahmen folgenden gewichte der Verbindungen.

b) Mit gleichem Atomgewicht und verschiedenem chem. Charakter: Essigsäure und Ameisenholzäther ($C_4H_4O_4$), Buttersäure und Essigäther ($C_8H_8O_4$).

c) Mit verschiedenem Atomgewicht: Aceton (C_3H_6O) und Valerianholzäther oder Butteräther ($C_{12}H_{12}O_4$), Aldehyd ($C_4H_4O_2$) und Essigäther oder Buttersäure ($C_8H_8O_4$).

Die genannten Körper lassen noch vielfache andere Vergleichen zu (ich spreche hier zunächst in Beziehung auf das specifische Volum, denn nur für diese Eigenschaft kann man die Formel einer Verbindung nach Willkühr durch Multiplication abändern, nicht für den Siedepunkt, wo andere Betrachtungen leiten), auf die ich in einer andern Abhandlung zurückkommen werde. Ich bemerke hier nur noch, daß die von mir untersuchten Substanzen C, H und O in wechselndsten Verhältnissen enthalten; alle drei Bestandtheile finden sich in sehr verschiedener relativer Menge in den meisten der oben genannten, H und O in dem Wasser, C und H in dem Benzol.

Für alle diese Körper suchte ich das specifische Volum für vergleichbare Temperaturen zu bestimmen; die Spannkraft des Dampfs ist nur bei sehr wenigen untersucht, und ich ermittelte deshalb, welches specifische Volum jeder Substanz bei ihrem Siedepunkt ¹⁾ oder der Temperatur, wo die

1) Ich gebe das spec. Volum für die von mir beobachtete Siedepunktstemperatur nicht für eine irgendwie theoretisch berechnete. Obgleich mehrere Versuche die theoretischen Bestimmungen, welche ich früher für die Siedepunkte analoger Körper versuchte, bestätigen und die abweichenden Angaben Anderer widerlegen, und obgleich ich die früher von mir aufgestellten Siedepunktregelmäßigkeiten im Wesentlichen noch für richtig halte, betrachte ich doch auch noch unser ganzes Wissen in dieser Beziehung als höchst mangelhaft und unvollständig. Ich halte es für wahrscheinlich, daß, Schröder's Ansicht gemäß, die Formeln der Körper für die Vergleichung der Siedepunkte so geschrieben werden müssen, daß sie eine Condensation auf vier Volume im Gaszustand ausdrücken, und daß der theoretische Ausdruck des Siedepunkts einer Verbindung $C_aH_bO_c$ gegeben ist durch

$$S + ac + bh + co,$$

wo S eine Constante, c, h und o den erhöhenden oder erniedrigenden Einfluß eines Atoms C, H oder O bedeuten. Aber es scheint mir, daß S

Spannkraft des Dampfs 760 Min. Quecksilberhöhe zukomme.

in verschiedenen Reihen von Verbindungen verschieden groß während c , h und o immer dieselben Werthe besitzen.

der Zutritt von CH zu einer Formel eine Siedpunkterhöhung $9^{\circ},5$ hervor, bei Aethern, wie bei Säuren, nie bei Alkalen. den Säuren von der Form $C_nH_{2n}O_n$ ist S um etwa 82 den damit metameren Aetherarten, und in dem Alkohol eben so viel größer zu seyn, als in dem Aether. Werde Alkohol durch S_1 , in dem Aether durch S_2 bezeichnet, und Punkte 78° und 35° , so scheint die Rechnung statthaft zu

$$\begin{array}{rcl} S_1 + 4c + 6h + 2o & = & 78 \\ 4c + 4h & = & 38 \\ \hline S_1 + 2h + 2o & = & 40 \end{array} \qquad \begin{array}{rcl} S_2 + 8c + 10h + 2o & & \\ 8c + 8h & & \\ \hline S_2 + 2h + 2o & & \end{array}$$

also S_1 um 81 größer als S_2 .

In dem Buttersäureäther (Siedepunkt 115° etwa) scheint S so groß zu seyn, als in dem Aceton (Siedepunkt 56°) es für ersteres S_1 , für letzteres S_2 , so scheint die Rechnung seyn:

$$\begin{array}{l} S_1 + 12c + 12h + 4o = 115 \\ 2S_2 + 12c + 12h + 4o = 112, \end{array}$$

also S_1 fast genau $= 2S_2$.

Die verschiedenen Werthe von S scheinen nicht nur nicht übereinstimmend, sondern auch zu denen der elementaren Atome in einfacher Beziehung zu stehen. Aber ich halte es für nutzlos, solcher Vergleiche mehrere anzuführen, da es mir nicht gelang, die Werthe in verschiedenen Reihen, eben so wie die von c , h und o , mit Sicherheit numerisch zu bestimmen. Die Combination von Körpern aus derselben Reihe (z. B. an Aetherarten von der Reihe) läßt die Aufgabe ungelöst; bei der Combination von Körpern aus verschiedenen Reihen kommt man auch nicht zur Lösung des Problems, wenn man S bei diesen verschieden setzt. Und es bei Körpern aus verschiedenen Reihen zu setzen, ist unzulässig, da man kein Merkmal dafür hat berechnen zu können. Ich will Nichts von den Resultaten mittheilen, unter gewissen, aber ziemlich willkürlichen Hypothesen über die Werthe von S bei verschiedenen Körperklassen und über den Zusammenhang von S mit c , h und o gefunden habe. Das vorstehende zeigt wohl, daß Vieles von dem ist, was in letzterer Zeit über die Siedepunktsdifferenzen publicirt wurde, und wie unsicher es ist, bei der Vergleichung ihrer Siedepunkte zusammenzustellen, die Punktdifferenz unbedingt als der Zusammensetzungs-differenz zu betrachten. Auch wenn einige solcher Vergleichungen übereinstimmende Zahlen ergeben, beweist dieses doch nicht, daß

Ich habe zuerst über die Methoden Rechenschaft zu geben, nach welchen ich bei der Untersuchung verfuhr, und will dann die Resultate in folgender Ordnung durchgehen: Wasser, Holzgeist, Alkohol, Fuselalkohol, Aether, Aldehyd, Aceton, Benzol, Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure, Ameisenholzäther, Ameisenäther, Essigholzäther, Essigäther, Butterholzäther, Butteräther, Valerianholzäther.

Hinsichtlich der Bestimmung der Ausdehnung kommt die Construction der angewandten Thermometer und der Instrumente zur Messung der Volumsveränderungen, die Art, die Beobachtungen anzustellen, und die Art, sie zu berechnen, in Betracht.

Construction der Thermometer.

3) Unter einer sehr beträchtlichen Anzahl von Röhren fand ich bei sorgfältiger Kalibrirung nur sehr wenige genügend große Stücke, die sich bei genauer Untersuchung als gleich weit erwiesen. Die in dem Nachfolgenden mit 2, 3, 6, 7, 8 und 9 bezeichneten Thermometer haben Röhren, deren Kaliber bei der Prüfung sowohl mit langen als mit kurzen Quecksilberfäden als gleich weit erkannt wurde. Ich mußte solche Röhren aufsuchen, weil ich bei der Verfertigung der Thermometer die Methode nicht befolgen konnte, aus einer ungleich weiten Röhre ein genaues Thermometer zu machen; nämlich einen kleinen Quecksilberfaden in der Röhre so fortzuschieben, daß sein eines Ende immer an die Stelle kommt, wo sich vorher das andere befand, die Standpunkte der Enden des Fadens zu bezeichnen, und die Zwischenräume in gleichviel Theile zu theilen. Es fehlte mir

druck für den Einfluß gefunden habe, der den elementaren Atomen angehört, um welche die Zusammensetzung differirt, denn auch Vergleichen aus zwei Körpergruppen, in denen S verschieden ist, können übereinstimmende Resultate geben. Umgekehrt darf man aber auch bis jetzt nicht daraus, daß bei Vergleichen mitunter für dieselbe Zusammensetzungsdifferenz eine verschiedene Siedpunktsdifferenz gefunden wird, schließen, dasselbe elementare Atom, oder derselbe Complex von elementaren Atomen, könne einen verschiedenen Einfluß auf den Siedepunkt ausüben.

an der dazu nöthigen Theilmaschine (die mir eine V~~er~~ tung, ein genau getheiltes Millimetermaafs genau über zu können, hier nicht ersetzen konnte), und ausserdem ich auch kein Mittel, einem Quecksilberfaden in einer engen Glasröhre eine so sanfte Bewegung mitzutheilen sie zur scharfen Einstellung, die hier unerläßlich ist, dert wird.

Aus diesen Röhren construirte ich die Thermometer aller Sorgfalt; ich versah sie mit kugelförmigen Behältern, weil das Anblasen von cylinderförmigen (aus der Röhre selbst) nicht gut gelang, wenigstens nicht, da das Glas der Behälter sehr dünn geworden wäre. Ich doch zur Erzielung möglicher Empfindlichkeit wünschte cylinderförmige Behälter (von einer andern Glasröhre die Thermometerröhren anzulöthen, ist bekanntlich für Anfertigung feiner und unveränderlicher Instrumente weniger rathsam, als das Anblasen des Behälters aus Masse der Röhre selbst.

Es kommt bei solchen Untersuchungen viel darauf an, Thermometer mit möglichst unveränderlichem Nullpunkt zu haben, oder wenigstens solche, wo der Nullpunkt sich während der Dauer eines Versuchs ändert. Ich erreichte dies dadurch, daß ich jedes meiner Thermometer vor Bestimmung der Fundamentalpunkte in einem Gefäß mit so stark als es anging, erhitze, und dann langsam erkaltete, welche Operation ich mit jedem Instrument mehr 50 Mal wiederholte. Die so erhaltenen Instrumente zeigten mir niemals eine plötzliche Änderung des Nullpunkts nach vorausgegangener (mitunter bis gegen 160° steigende Erhitzung; wohl aber zeigten mehrere eine langsame, einigen Monaten aufhörende Erhöhung des Nullpunkts, wie sie so vielfach beobachtet worden ist. Eine solche Erhöhung trat bei den Thermometern 2, 6, 7 und 8 ein, sie trug im Maximum $0^{\circ},2$; nach sechs Monaten nach der Anfertigung der Instrumente war eine Veränderung des Nullpunkts nicht mehr wahrzunehmen. Die Thermometer 3 und 9 zeigten von Anfang an einen unveränderlichen Nullpunkt.

Der Siedepunkt war im Dampf genommen (welcher das Thermometer, so weit das Quecksilber in der Röhre stand, umgab), und nach Regnault's Bestimmungen für den Siedepunkt des Wassers bei verschiedenen Barometerständen corrigirt worden.

Diese Thermometer waren mit willkürlicher (Millimeter-) Theilung auf der Röhre versehen; die Tabellen, welche zur Reduction der Angaben jedes Thermometers auf 100theilige Grade dienten, wurden umgerechnet, so wie eine merkbare Veränderung in den Fundamentalpunkten eintrat. — Diese Instrumente zeigten sich, was Empfindlichkeit und Uebereinstimmung betrifft, sehr genügend; der Durchmesser ihrer kugelförmigen Behälter war 10 bis 12 Mm.; 1° hatte an ihren Scalen eine Länge von 1,8 bis 2,3 Mm. Bei sehr zahlreichen Vergleichen der Thermometer untereinander fand ich niemals eine Differenz ihrer Angaben, welche 0°,2 überstiegen hätte.

Construction der Dilatometer.

4) Zur Bestimmung der Ausdehnung der Flüssigkeiten wählte ich die für diesen Zweck gebräuchlichste Methode, thermometerartige Apparate zu construiren, das Verhältniß des Volums der Kugel derselben bis zum Nullpunkt der Scale zu dem Volum der Einheit der Scalentheilung zu ermitteln, und in einem solchen Apparat die Aenderung des Volums einer bestimmten Menge Flüssigkeit mit der Aenderung der Temperatur direct zu bestimmen. — Ich will diese thermometerartigen, zur Messung der Ausdehnung von Flüssigkeiten dienenden Apparate als *Dilatometer* benennen, da ich in dem Folgenden eine solche besondere Benennung nöthig habe; das neue Wort ist zwar tadelhaft gebildet, aber doch wenigstens leicht verständlich.

Ich wollte den zu construirenden Dilatometern ungefähr gleiche Dimensionen wie den Thermometern geben, was die Gröfse der Behälter betrifft; da die zu untersuchenden Flüssigkeiten sich alle viel stärker ausdehnen, als das Quecksil-

ber, so mußte ich die Röhren zu den Dilatometern ~~w~~ nehmen, als zu den Thermometern.

Wie oben angegeben, hatte ich bei dem Durchkalibrieren sehr enger Röhren mehrere zur Construction von Thermometern hinreichend lange Stücke von gleicher Weite gefunden; aber so groß auch die Anzahl von weiteren Thermometerröhren war, die ich prüfte, so fand ich doch ein einziges Stück von gleichem Kaliber und hinreichender (27 Cm.) Länge, um daraus ein Dilatometer verfertigen können. Ich construirte daraus das im Folgenden als Dilatometer *F* bezeichnete Instrument. Es war mir indeß darzu thun, mehrere solcher Apparate anwenden zu können und ich mußte deshalb versuchen, Röhren von ungleicher Weite anzuwenden. Folgende Methode gab mir sehr nützliche Resultate.

5) Unter einem großen Vorrath von Thermometerröhren findet man bedeutend mehr ziemlich lange Röhrenstücke, deren Weite sich allmählig und ziemlich regelmäßig ändert, als solche, die durchweg gleich weit sind. Ich suche daher erstere auf, indem ich bei dem Kalibrieren mit einem etwa 30 Mm. langen Quecksilberfaden diesen für jede neue Messung um immer gleichviel weiter gleiten lasse, also sein festes Ende successive auf 10, 50, 90, 130 Mm. u. s. f. vom einen Ende der Röhre bringe ¹⁾, und die ersten und zweiten Differenzen unter den gemessenen Längen des Quecksilberfadens nehme. Ich verwerfe die Röhren, welche sich sprungweise ungleich weit zeigen, oder wo die zweiten Differenzen solcher Messungen noch keine Uebereinstimmung erkennen lassen; auf diejenigen hinreichend langen Röhrenstücke, wo dies im Gegentheil der Fall ist, trage ich eine willkürliche Scale mit Genauigkeit auf. Ich bringe nun wiederum einen Quecksilberfaden von der angegebenen Länge hinein, lasse diesen allmählig durch d

1) Das Einstellen braucht nur approximativ zu seyn; so schwer ich es fand in einer engen Glasröhre das Ende eines Quecksilberfadens auf einen feinen Strich scharf einzustellen, so leicht ist es, die Einstellung bis auf $\frac{1}{4}$ Millimeter genau vorzunehmen.

ganze Theilung hindurchgleiten, und notire die Stellen, welche seine Enden bei den Messungen auf der Scale einnehmen. Ich betrachte die bei jeder Messung gefundene Länge des Quecksilberfadens, als der Weite der Röhre, an dem Orte, der zwischen den Endpunkten des Quecksilberfadens liegt, umgekehrt proportional, suche aus den angestellten Messungen das Gesetz der Veränderung der Weite unter der Voraussetzung, daß es durch eine Reihe höherer Ordnung ausgedrückt werden könne, bestimme für diese Reihe, die Weite oder den Inhalt des ersten Scalentheils als Einheit genommen, das summatorische Glied, und kann so berechnen wie viel Cubikeinheiten die Röhre von 0 bis x der Theilung faßt, den Inhalt des Röhrenstücks 0 bis 1 der Theilung als Cubikeinheit genommen. Man hat zwar häufig hier vergebliche Arbeit, und eine unbrauchbare Glasröhre, wenn nämlich die berechnete Reihe höherer Ordnung die Messungen nicht genau wiedergiebt, oder wenn die letzte Controle, die ich nie versäumte, nicht übereinstimmende Resultate giebt. Diese letzte Controle besteht darin, einen längeren Quecksilberfaden in die Röhre zu bringen, und die Standpunkte seiner Enden aufzuzeichnen. Diese unmittelbaren Aufzeichnungen ergeben die Länge des Quecksilberfadens verschieden, aber wenn sie nach der berechneten Summationsformel reducirt worden sind, so müssen sie alle diese Länge gleich ergeben, falls die Röhre und die für sie gefundene Correction brauchbar sind.

6) Ich habe auf diese Weise brauchbare Röhren zu fünf Instrumenten erhalten, welche in dem Folgenden als Dilatometer *A*, *B*, *C*, *D* und *E* bezeichnet sind. Alle mit diesen Apparaten genommenen Volumsbestimmungen mußten nach der für jeden gültigen Reductionsformel corrigirt werden, was in der Art leicht geschieht, daß man für jedes Instrument eine besondere ausführliche Reductionstabelle entwirft.

Da auf der Genauigkeit der angewandten Dilatometer die Zuverlässigkeit der ganzen Ausdehnungsuntersuchung beruht, und die angewandte Reductionsmethode einer mehr-

fachen Anwendung (z. B. für Construction von Thermometern) fähig erscheint, so will ich hier die genaueren mittheilen, wie sich die Reduction für die Röhre des Thermometers D , eines Instruments von mittlerer Güte, (Die Messungen sind in der Art angestellt, daß die Theile von Millimetern unter der Lupe geschätzt wurden)

No.	Derselbe Quecksilberfaden stand zwischen	Hieraus		L berechnet
		S .	L .	
1	0,2 und 33,0	16,60	32,8	32,74
2	27,1 - 60,0	43,55	32,9	32,86
3	50,4 - 83,3	66,85	32,9	32,98
4	69,8 - 102,9	86,35	33,1	33,10
5	91,0 - 124,2	107,60	33,2	33,26
6	115,0 - 148,5	131,75	33,5	33,45
7	148,0 - 181,8	164,90	33,8	33,74
8	179,6 - 213,7	196,65	34,1	34,07
9	208,9 - 253,3	231,10	34,4	34,48

Man kann die verschiedenen Längen des Quecksilberfadens als dem mittleren Ort des Standes desselben angehörig betrachten, nach der ersten Beobachtung z. B. die Länge 32,8 als angehörig der Stelle 16,60 der Scale. Wenn man L die Länge des Quecksilberfadens an der Stelle der Scale, so ist die Weite der Röhre an dieser Stelle proportionirt $\frac{1}{L}$, oder, um Brüche zu vermeiden, $\frac{100}{L}$. Wenn man alle obigen Beobachtungen in die Form $x + Sy - \frac{100}{L} = 0$, nimmt man (zur Verminderung der Beobachtungsfehler) die Summen der Gleichungen aus Beobachtungen 1, 2 und 3, aus 4, 5 und 6, aus 7, 8 und 9 als Bedingungen, so findet man $x = 3,058903$; $y = -0,0002$; $z = -0,0000017034$. Sucht man mittelst dieser Werthe den beobachteten S zugehörigen L , so findet man wie sie oben als berechnete den beobachteten zur Vergleichung beigesetzt sind; sie stimmen mit diesen sehr genau überein.

Die Aenderung der Weite der Röhre wird also sehr genau ausgedrückt durch die Formel

$$W = 3,058903 - 0,00029604 S - 0,0000017034 S^2,$$

welche die Weite der Röhre an irgend einer Stelle S der Scale angiebt, bezogen auf die Weite der Röhre bei dem Nullpunkt der Scale $= 3,058903$.

Setzt man die Weite der Röhre bei dem letzteren Punkt $= 1$, so geht die vorhergehende Formel über in

$$W = 1 - 0,000096778 S - 0,00000055685 S^2.$$

Hieraus ergibt sich die Summationsformel:

$$V = 1,000048296191 S - 0,000048110574 S^2 - 0,000000185617 S^3,$$

welche angiebt, wie viel Volumeinheiten die Röhre von 0 bis zu S der Scale faßt, den Inhalt von 0 bis 1 der Scale als Volumeinheit betrachtet.

Zur Controle wurde nun der Stand eines längeren Quecksilberfadens an verschiedenen Stellen der Röhre beobachtet, und die Beobachtungen nach vorstehender Formel reducirt. Der Faden stand zwischen

(beobachtet)	0,3 und 85,0 ;	85,1 und 171,2 ;	164,9 und 253,0
(reducirt)	0,30 - 84,54 ;	84,64 - 168,89 ;	162,77 - 246,92
(Differenz)	84,24	84,25	84,15

Diese Differenzen sind so nahe gleich, daß die Röhre gewiß als brauchbar und die gefundene Formel als eine solche betrachtet werden kann, welche die Angaben der uncylindrischen Röhre richtig auf die einer cylindrischen reducirt.

7) An die Dilatometer wurden nun Kugeln angeblasen, und diese in derselben Weise oft erhitzt und wieder abkühlen lassen, wie dieses oben (3) bezüglich der Thermometer angegeben wurde. Dann war für jedes Instrument der Inhalt der Kugel und der Röhre bis zu dem Nullpunkt der Scale im Verhältniß zu dem Inhalt Eines reducirtten Scalentheils (den Inhalt der Röhre von 0 bis 1 der Scale) zu bestimmen.

Zu dem Ende wurden die Instrumente gewogen und mit Quecksilber gut ausgekocht und gefüllt. Es wurde das Gewicht des Quecksilbers bestimmt, welches jedes Instrument

bis zu verschiedenen Stellen der Scalen anfüllte, Ablesen, bis zu welcher Stelle der Scale das Quecksilber stand, tauchte das Dilatometer in ein großes Gefäß mit Wasser von constanter Temperatur. Die Bestimmung fing ich immer damit an, daß das Instrument bis an den oberen Punkt der Scale gefüllt war; dann (mittels eines feinen Stahldrahts) etwas Quecksilber ausgenommen und wieder gewogen, und dieß wurde wiederholt. Ebenso wurden mehrere Bestimmungen dafür gemacht, bis das Quecksilber das Dilatometer bis nahe zu dem untersten Punkt der Scale anfüllte, und einige Controllen für Anfüllung bis etwa zur Mitte der Scale. Die Quantität Quecksilber, welche das Dilatometer zu dem untersten Punkt der Scale erfüllte, wurde bestimmt, welche Veränderung im Stand des Quecksilbers einer gewissen Veränderung in der Temperatur entspräche, um eine Correction für die Ablesungen zu können, falls das Wasser, worin ein Dilatometer dem Ablesen eingetaucht war, während der Dauer der Versuche für ein Instrument seine Temperatur ändern sollte. Eine Correction war nur selten nöthig und dann höchst trüchlich.

Die Wägungen wurden auf einer Wage von Sauer in Gießen ausgeführt, welche bei 100 Grm. auf jeder Schale 0,1 Milligramm noch sehr deutlich ablesbar war. Die Gewichte waren neuerdings revidirt und richtig gefunden worden.

8) Folgende Bestimmungen, für das Dilatometer gemacht, gestatten ein Urtheil über die Genauigkeit der Versuche. Die angegebenen Gewichte des Quecksilbers sind auf den luftleeren Raum reducirt; die Reducirung der Ablesungen auf der Scale ist nach dem oben (S. 13) theilten ausgeführt; die Temperatur des Wassers, in welchem sich das Dilatometer behufs der Ablesungen

No.	Das Instrument war mit Quecksilber gefüllt bis		Gewicht des Quecksilbers	
	abgelesen.	reducirt.	beobachtet.	berechnet.
1	245,5	239,87	17,6976	17,6975
2	242,9	237,41	17,6886	17,6887
3	241,4	236,03	17,6838	17,6837
4	137,1	135,74	17,3230	17,3235
5	134,8	133,50	17,3144	17,3154
6	27,1	27,06	16,9333	16,9331
7	19,8	19,78	16,9067	16,9070
8	18,3	18,28	16,9017	16,9016

Setzt man den Inhalt des Instruments bis zu dem Nullpunkt der Scale (bezogen auf den Inhalt Eines reducirten Scalentheils) $=K$, die Zahl der reducirten Scalentheile, die bei einer Beobachtung mit Quecksilber gefüllt waren, $=S$, und das dafür beobachtete Gewicht des Quecksilbers $=Q$, so gilt die Gleichung $(K+S)x=Q$, wo K und x unbekannte Größen sind (x das Gewicht Quecksilber, welches Einen reducirten Scalentheil erfüllt). Diese Gleichung wird bequemer für die Rechnung, wenn man $\frac{1}{x}=y$ setzt, zu

$$K+S-Qy=0.$$

Nimmt man aus den drei ersten und aus den drei letzten der angeführten Beobachtungen die arithmetischen Mittel, so erhält man als Bedingungsgleichungen:

$$K+237,77-176900y=0 \text{ und } K+21,71-16,9139y=0.$$

und hieraus:

$$K=4686,98; y=278,392; \text{ also } x=0,00359206.$$

Berechnet man mit diesen Größen für jedes beobachtete S das zugehörige Q , so findet man die in der vorhergehenden Tabelle als berechnete Quecksilbergewichte angegebenen, mit den Beobachtungen sehr genau übereinstimmenden Größen.

In gleicher Weise, und durch eben so viele Wägungen, wurden diese Bestimmungen für jedes der andern Dilatometer ermittelt.

9) Für jedes dieser Dilatometer war nun noch die Grösse

der Glasausdehnung zu ermitteln; diese direct zu **besti** ist wegen der Verschiedenheit derselben nothwendig.

Ich habe diese Bestimmungen auf die gebräuchliche **gemacht**, die scheinbare Ausdehnung des Quecksilbers in sen Glasgefäßen mit der als genau bekannt vorausgesetzt wahren zu vergleichen, und aus der Differenz auf die dehnung des Glases zu schließen. Diese Methode empfiehlt sich durch leichte Ausführbarkeit, aber sie hat den **theil**, daß sich die ganze Unsicherheit in der Beobachtung der scheinbaren Ausdehnung auf eine weit kleinere (n bis $\frac{1}{7}$ so große) Gröfse wirft; die Bestimmung der scheinbaren Ausdehnung läßt zudem in gleicher Weise die Unsicherheit in den unmittelbaren Beobachtungen sich auf eine kleinere Gröfse concentriren. Hat man z. B. die scheinbaren Volume des Quecksilbers bei 0° und bei 100° nur ein Zehntausendtheil unsicher bestimmt, so ergibt sich ihnen die scheinbare Ausdehnung um etwa ein Hunderttheil unsicher. Ist die scheinbare Ausdehnung des Quecksilbers um ein Hunderttheil unsicher bestimmt, so ergibt sich daraus die Glasausdehnung um 6 bis 7 Hunderttheile unsicher.

In der Zeit, wo ich die Bestimmung der Glasausdehnung zu machen hatte, konnte ich mir Eis oder Schnee nicht verschaffen. Meine Beobachtungen gaben deshalb nicht unmittelbar das scheinbare Volum des Quecksilbers in (wie Thermometer gefüllten) Dilatometern bei 0° und 100° , sondern bei 16° bis 18° als unterer, und bei der Wärme des Dampfs von siedendem Wasser als oberer Temperatur. Aus diesen Beobachtungen wurde berechnet, welches Volum das Quecksilber in jedem Dilatometer bei 0° und bei 100° erfüllt hätte. Ist das erstere $= V$, das letztere $= V_1$, D die wahre Ausdehnung des Quecksilbers zwischen 0° und 100° (0,018018 nach Dulong und Petit), Δ die scheinbare, und K die cubische Ausdehnung des Glases in diesem Temperaturintervall, so ist bekanntlich $\Delta = \frac{V_1 - V}{V}$

und $K = \frac{V}{V_1}(D - \Delta)$. Nach dieser Formel sind die im Folgenden

genden angegebenen Werthe für die cubische (und daraus für die lineare) Glasausdehnung berechnet. (Das Resultat ergiebt sich etwas verschieden, je nach der Differenz der Temperaturen, für welche V und V_1 gelten; ich habe hier, wie es meistens geschehen ist, die für das Temperaturintervall 0 bis 100° gültigen Werthe von V und V_1 in Rechnung gebracht.)

10) Das Dilatometer B ist aus weißem französischen Glase verfertigt, die andern aus hartem, in's Grünliche spielenden deutschen Glase, und zwar die letztern alle aus Röhren von derselben Sendung, und also muthmaßlich von derselben Schmelzung. — Die Kugeln der Dilatometer B und E zerbrachen, als ich diese Instrumente zum ersten Male fertig gemacht und ihre Glasausdehnung bestimmt hatte (die hier erhaltenen Resultate sind unter B_1 und E_1 angeführt); ich versah sie mit neuen Kugeln, bestimmte wiederum ihre Volumverhältnisse wie oben (7 und 8) angegeben, und auch noch einmal die Glasausdehnung; diese zweiten Bestimmungen, welche unten für B_2 und E_2 angeführt werden, sind die, nach welchen in dem Folgenden bei Benutzung dieser Dilatometer gerechnet wurde.

Dilato- meter.	Beobachtet:	
	Volum des Quecksilbers.	
<i>B</i> ₁	4180,54 bei 17°,20	4233,21 bei 99
<i>B</i> ₂	3588,50 - 17,89	3633,64 - 99
<i>A</i>	6208,95 - 17,48	6287,95 - 99
<i>C</i>	3931,03 - 16,19	3981,58 - 99
<i>D</i>	4703,09 - 17,17	4763,46 - 99
<i>E</i> ₁	3308,91 - 17,08	3351,24 - 99
<i>E</i> ₂	4709,70 - 17,91	4769,80 - 99
<i>F</i>	3727,07 - 16,99	3774,76 - 99

Unter den Dilatometern aus derselben Art von *C* und *D* den größten Unterschied in der Glasdehnung; er beläuft sich auf $\frac{1}{15}$ des ganzen Werths. sich der Unterschied in den Bestimmungen der Ausdehnung des Glases derselben Röhre (*B*₁ und *B*₂, *E*₁ und *E*₂) bis auf $\frac{1}{100}$, resp. $\frac{1}{67}$, beläuft, so wird es sehr wahrscheinlich, daß die Ausdehnung jener verschiedenen Glasröhren von derselben Sendung wirklich verschieden ist. — *Pier* (*Ann. de chim. et de phys. III^{me} Serie, T. XV, p. 335*) fand, daß Glasröhren aus derselben Schmelzung einen bis auf des ganzen Werths sich belaufenden Unterschied in der Ausdehnung zeigen können.

11) Das Quecksilber, dessen scheinbare Ausdehnung in diesen Versuchen bestimmt wurde, hatte ich durch anhaltendes Schütteln mit concentrirter Schwefelsäure, und dann durch Schütteln mit Wasser, bis das Ablaufende nicht mehr auf Barytlösung reagierte, gereinigt. Ich habe später das specifische Gewicht desselben bestimmt. Eine Glaskugel mit sehr enger Röhre faßte, in schmelzendem Schnee und bis einen an der Röhre befindlichen Strich gefüllt, 4,3373 Wasser und 58,9703 Quecksilber (die Gewichte sind auf den luftleeren Raum reducirt). Hieraus ergibt sich das spec. Gewicht des Quecksilbers bei 0° gegen das des Wassers bei 0° zu 13,596, und das des Quecksilbers bei 0° gegen das des Wassers bei 4° zu 13,595. *Regnault* (*Ann. de chim. et de phys. III^{me} Serie, T. XIV, p. 236*) fand für das letztere 13,596.

Berechnet:		Scheinbare Ausdehn. d Quecksilb 0—100°.	Glasausdehnung 0—100°	
Volum des Quecksil- bers bei			0°.	100°.
			cubische.	lineare.
4169,496	4233,704	0,0153995	0,0025788	0,0008596
3578,621	3633,828	0,0154260	0,0025526	0,0008509
6192,058	6288,694	0,0156064	0,0023746	0,0007915
3921,170	3982,073	0,0155318	0,0024482	0,0008161
4690,458	4764,026	0,0156846	0,0022974	0,0007658
3300,109	3351,637	0,0156140	0,0023670	0,0007890
4696,533	4770,050	0,0156535	0,0023281	0,0007760
3717,218	3775,207	0,0156001	0,0023807	0,0007936

Ich habe bei dieser Gelegenheit auch die Ausdehnung des (weißen französischen) Glases bestimmt, aus welchem die hier gebrauchte Glaskugel geblasen war. Wie angegeben, faßte dieselbe bis zum Strich bei 0° 58,9703 Grm. Quecksilber. In dem Dampf von Wasser, welches bei (auf 0° reduc.) 742^{mm},0 Barometerstand kochte, also bei 99°,3, faßte sie bis zum Strich 58,0806 Grm. Heißt die wahre Ausdehnung des Quecksilbers D , P das Gewicht bei 0°, P_1 das Gewicht bei der höheren Temperatur, K die cubische Ausdehnung des Glases für dieses Temperaturintervall, so findet man aus der Formel $D = \frac{P - P_1}{P_1} + \frac{P}{P_1} K$ die cubische Glasausdehnung für 0 bis 99°,3 zu 0,0025352, oder für 0 bis 100° die cubische zu 0,0025531, und die lineare zu 0,0008510.

Anstellung der Ausdehnungsversuche.

12) Die Dilatometer wurden mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt, so daß diese bei der niedrigsten Temperatur, für welche noch eine Bestimmung gemacht werden sollte, bis nahe an dem untersten Punkt der Scale stand. Um die Dilatometer bequem und ohne Verunreinigung der Flüssigkeit füllen zu können, bog ich die Röhren derselben etwa 2 Cm. von dem oberen Ende unter einem etwas spitzen Winkel um; mit diesem umgebogenen Ende tauchte das Dilatometer (Fig. 1, Taf. I) in ein Gefäß, welches die einzu-

füllende Flüssigkeit enthielt, und wurde so auf bel Art, durch Erwärmen, Abkühlenlassen, Siedenlassen eingetretenen Flüssigkeit und nochmaliges Abkühlen schnell fast ganz gefüllt. Die kleine Luftblase, die diesen Operationen sich meist noch in der Kugel zu entfernte ich, indem ich das Dilatometer aufrecht stellte. Luftblase durch Erwärmung der Kugel in die Röhre und dann das umgebogene Ende des Dilatometers unter fortwährender Erwärmung der Kugel wieder in das Gefäß mit Flüssigkeit tauchte, und nun wiederum die Flüssigkeit in Kugel zum Kochen brachte. (Hinsichtlich des Einfüllens solcher Flüssigkeiten, die besonders schwer luftfrei zu halten sind, z. B. des Wassers, vergl. bei den speciellen Angaben darüber.)

Nach der Füllung und eingetretener Abkühlung wurde, was sich etwa zu viel von Flüssigkeit in dem Instrument befand, durch Erwärmung ausgetrieben, und nachher der Theil der Röhre, welcher bei niedrigerer Temperatur nicht mit Flüssigkeit gefüllt war, wiederholt und stark über Kohlen erhitzt. Letzteres geschah, um die an den inneren Wandungen der Röhre anhängende Flüssigkeit zu entfernen. Man hat gegen die hier angewandte (thermometrische) Methode die Ausdehnung zu bestimmen, eingewandt, es lasse sich nicht vermeiden, daß Flüssigkeit an den Wandungen der Röhre adhärirt. Bei Versuchen, die bei sinkender Temperatur angestellt werden, müsse dies jedenfalls von Einfluß seyn, und bei Versuchen, die bei steigender Temperatur angestellt werden, in dem Falle, daß vorher schon die Wandungen der Röhre benetzt waren (man kann glauben, die Ausdehnung müsse zu groß gefunden werden, indem z. B. zu der Flüssigkeit, die durch Ausdehnung obere Räume der Dilatometeröhre erfüllt, noch die komme, welche schon durch Adhäsion sich in diesen Räumen befand). Directe Versuche haben mir gezeigt, daß diese Fehlerquelle von nur höchst unbedeutendem Einfluß ist. Mit Dilatometern, deren Röhren Wandungen von verschieden großer Oberfläche hatten (wo der innere Querschnitt der einen oval,

der der andern kreisrund war), erhielt ich übereinstimmende Resultate. Ich stellte noch Versuche in folgender Art an: Ein Dilatometer war mit Flüssigkeit gefüllt, und der leere Theil der Röhre durch öfteres und starkes Erhitzen gut getrocknet; ich ließ dann die Flüssigkeit durch Erwärmung bis nahe an das obere Ende des Dilatometers steigen, und fand, daß sie nach dem Erkalten in dem Dilatometer fast genau eben so viel Raum einnahm, als vorher bei derselben Temperatur. An dem Dilatometer C beobachtete ich z. B., daß Fuselalkohol das Instrument für $18^{\circ},84$ bis $10,0$, für $16^{\circ},43$ bis $2,1$ der Scale anfüllte; hiernach hatte es dasselbe für $16^{\circ},16$ bis $1,21$, für $16^{\circ},38$ bis $1,94$ erfüllt. Ich beobachtete weiter, nachdem das Instrument erwärmt worden war, die Flüssigkeit die Wandungen eines 237 Mm. langen Röhrenstücks erfüllt hatte, und Alles wieder abgekühlt war, den Stand $0,9$ für $16^{\circ},16$, $1,9$ für $16^{\circ},38$; die Abweichung dieser Zahlen von den im Vorhergehenden bestimmten entspricht nur $0^{\circ},09$, resp. $0^{\circ},01$ Temperaturdifferenz zwischen dem Dilatometer und dem angewandten Thermometer. — An demselben Dilatometer beobachtete ich, daß Buttersäure für $17^{\circ},67$ bis $8,1$, für $15^{\circ},88$ bis $1,2$ der Scale stand; also für $16^{\circ},69$ bis $4,33$. Nachdem die Flüssigkeit ein 225 Mm. langes Stück der Dilatometeröhre benetzt hatte, fand ich sie für $16^{\circ},69$ bis $4,0$ der Scale; die Abweichung entspricht $0^{\circ},09$ Temperaturdifferenz des Dilatometers und des Thermometers. — Bei meinen Ausdehnungsversuchen konnte übrigens diese Fehlerquelle nie von solchem Einfluß seyn, wie in den angegebenen Fällen, weil die Röhren der Dilatometer stets sorgfältig getrocknet waren, und während Einer Versuchsreihe im Allgemeinen die Temperatur immer stieg; bei den Beobachtungen, wo die Temperatur vorher etwas gesunken war, betrug diese Erniedrigung immer nur wenige Grade, und das Röhrenstück, welches leer und an den Wandungen benetzt war, hatte also da immer eine verhältnißmäßig unbedeutende Länge.

13) Während der Versuche, und in den Zwischenräumen, wo die Dilatometer leer waren, war ihr offenes Ende

durch ein röhrenförmiges Hütchen von Caoutchouc an die Dilatometerröhre eng anschloß, verwahrt: alle hier untersuchten Flüssigkeiten unzersetzt flücht konnte das Reinigen der damit angefüllt gewesenen meter durch öfteres Erhitzen und Abkühlenlassen ge die Dilatometer wurden zu dem Ende in einen Kasten Messingblech gelegt, und dieser oft wiederholt auf erhitzt und erkalten gelassen. Keine der untersuchsigkeiten hinterließ hierbei einen sichtbaren Rückstand Dilatometerkugeln, außer die (übrigens zuletzt suchte) Buttersäure; bei dem Reinigen der damit gewesenen Dilatometer blieb in den Kugeln ein schwacher, ringförmiger, kohligter Rückstand, welcher rauchende Salpetersäure weggeschafft werden konnte. Vor der Füllung eines jeden Dilatometers wurde mit der zu untersuchenden Flüssigkeit sorgfältig ausge-

14) Bei der Construction des Apparats, mittelst ein Dilatometer und ein Thermometer auf gleiche ratur zu bringen waren, mußte ich mich von Rücks auf beschränkte Localität und den Umstand, daß ich experimentirte, leiten lassen. Bei den Beobachtungen 0° steckten die Dilatometer in schmelzendem Schn zerstoßenem Eis (wobei stets auch die Lage des Nive der angewandten Thermometer controlirt wurden). Beobachtungen von 0 bis 30° etwa tauchten die Instrumente mit den Kugeln in dieselbe horizontale Schicht einer umgerührten großen Quantität Wasser, dessen Temperatur bei wenig davon verschiedener Luftwärme sich hinläng Zeit hindurch constant erhielt, um sichere Beobachtungen machen zu lassen. Für die Bestimmungen bei höheren peraturen diente der Fig. 2, Taf. I, abgebildete Apparat ein nahe cylindrisches Becherglas (von 7 Cm. Durch-

von Korkholz verschlossen. In dieser befand sich eine rechteckige (durch einige passende Korkstücke verschließbare) Oeffnung, durch welche die Kugeln des Dilatometers und des Thermometers in das Oel gesenkt werden konnten; diese Instrumente selbst waren verschiebbar an ein Stativ befestigt, indem ihre Röhren mittelst einiger Korkstücke zwischen horizontal herausragende Drähte geklemmt waren. Das größere Becherglas stand auf einem Blech mit drei Füßen, unter welchem eine Lampe Platz hatte. Die Kugeln des Dilatometers und des Thermometers wurden dicht nebeneinander in die Mitte des mit Oel gefüllten inneren Gefäßes, symmetrisch gegen die Wandungen desselben und in Eine horizontale Ebene gestellt. Ueber der Korkscheibe lagen mehrere Schirme von dickem Papier, welche die Luft um die Scalen des Thermometers und des Dilatometers vor zu starkem Einfluß der Lampe und der erhitzten Gefäße schützten; ein Thermometer, welches sich mit seiner Kugel zwischen diesen Scalen befand und auf und ab verschoben werden konnte, gab die Temperatur der aus dem erhitzten Oel herausragenden Scalen und der darin enthaltenen Flüssigkeiten an. Fig. 2, Taf. I, zeigt diese einfache Vorrichtung ohne die Papierschirme.

15) Bei der Erwärmung des äußeren Gefäßes theilt sich die Wärme dem Oel in dem inneren Glase nur langsam mit. Wird die Lampe unter dem äußeren Gefäße ausgelöscht (bei höheren Temperaturen ihre Flamme verkleinert), so wird das Oel in dem inneren Gefäße noch wärmer, während das Oel in dem Zwischenraum schon erkaltet. Das Thermometer und das Dilatometer zeigen noch steigende Temperatur an, aber die Veränderung wird immer unbedeutender, und allmählig tritt ein stationärer Stand für beide Instrumente ein, der lange genug andauert, um oft wiederholte Ablesungen zu gestatten und die (mindestens höchst annähernde) Gleichheit der Temperatur der Dilatometer- und der Thermometerkugel voraussetzen zu lassen. Auf diese Art wurden die *Maximumbeobachtungen* angestellt, die *Minimumbeobachtungen* in ähnlicher Weise, indem, wenn das

Thermometer und das Dilatometer sinkende Temperaturen zeigten, die Flamme der Lampe wieder angezündet (höheren Temperaturen verstärkt) wurde, wo auch wieder Angaben beider Instrumente allmählig stationär werden lange Zeit bleiben, ehe ein Steigen der Temperatur im inneren Glase eintritt.

Durch angemessene Regulirung der Flamme kann die so eintretenden stationären Maximum- und Minimumtemperaturen ziemlich lange andauern lassen, aber die Verschiedenheit der specifischen Wärme des Quecksilbers von der der Flüssigkeiten in den Dilatometern hält es sehr schwer, daß beide genau dieselbe Temperatur messen. Es muß dieses um so schwerer der Fall sein, je verschiedener die specifische Wärme des Quecksilbers der der Flüssigkeit in dem Dilatometer ist, und in der zeigen meine Beobachtungen an der Flüssigkeit, welche abweichendste specifische Wärme hat, an dem Wasser für höhere Temperaturen bei den Minimumbeobachtungen das Wasser im Dilatometer nicht so stark erkaltete. Quecksilber im Thermometer, und daß bei den Maximumbeobachtungen das Wasser sich nicht so stark erwärmte als das Quecksilber. Den Einfluß, den diese Fehler ausübten, beseitigte ich dadurch, daß ich zur Berechnung Interpolationsformeln jede Bedingungsgleichung aus durchschnittlich gleichviel Maximum- und Minimumbeobachtungen ableitete (vergl. unten 22). Meine Versuche mit demselben sind, von dieser Seite betrachtet, am unsichersten, die aus ihnen abgeleiteten Resultate mit den Ergebnissen früherer ausgezeichneten Untersuchungen sehr genau einstimmen, zeigt wohl, daß nach der angegebenen Methode sich die Einflüsse der in Rede stehenden Fehlerqueffnungen genügend compensiren. Unbeträchtlicher ist dieselbe bei andern Flüssigkeiten, deren specifische Wärme von der des Quecksilbers weniger verschieden ist; hier ist ein der Einfluß nur selten, und dann schwach, bemerkbar.

Die Volumsbestimmungen, wobei die Instrumente schmelzenden Schnee oder in Wasser von constanten

peratur tauchten, sind in dem Folgenden gar nicht, diejenigen, welche bei Maximumsbeobachtungen erlangt wurden, durch ein beigefügtes +, und diejenigen, welche bei Minimumsbeobachtungen erlangt wurden, durch ein beigefügtes — bezeichnet.

16) Ich konnte die Dilatometer nicht länger als etwa 28 Cm. machen, da ich sie sonst auf meiner Wage nicht bequem wägen konnte. Die Kugeln daran durften nicht gar zu klein seyn, da sich sonst die scheinbare Ausdehnung des Quecksilbers, und also noch mehr die Glasausdehnung (vgl. 9), nicht mit hinlänglicher Schärfe hätte bestimmen lassen. Da sich die andern Flüssigkeiten viel stärker ausdehnen, so erfüllten sie meist die Dilatometer bis an das Ende der Scale schon bei Temperaturen, die noch weit von denen entfernt waren, bis zu welchen ich die Beobachtungen anzustellen wünschte. In diesem Fall wurde ein Theil der Flüssigkeit herausgenommen, so daß ungefähr bei der Temperatur, für welche die Flüssigkeit bei den ersten Versuchen bis am oberen Ende der Dilatometerscale stand, sie es nunmehr bis nahe zu dem unteren Punkt der Scale ausfüllte; die Kugel des Dilatometers wurde so warm gehalten, daß die Flüssigkeit sich nicht ganz in sie zurückzog, und der leere Theil der Röhre stark und oft erwärmt; dann wurden die Versuche für die höheren Temperaturen angestellt, wie vorher für die niederen. Das Herausnehmen eines Theils der Flüssigkeit geschah entweder einfach durch Erwärmung der Kugel, bis genug Flüssigkeit aus dem Dilatometerrohr ausgetropft war, oder (falls die Erwärmung bis über den Siedepunkt der Flüssigkeit hätte gesteigert werden müssen) durch Erwärmung der Kugel, bis die Flüssigkeit nahe am oberen Ende der Röhre stand, und Erhitzung der Röhre an dem unteren Ende der Scale, wo die im oberen Theil der Röhre enthaltene Flüssigkeit durch Dampfbildung hinausgeschleudert wurde.

17) Bei der Bestimmung der Ausdehnung durch nur Eine Versuchsreihe oder mittelst Eines Dilatometers lernt man die Gränze der Unsicherheit der Resultate nicht mit

Gewissheit kennen. Die Formel, welche man nach so Bestimmungen berechnet, kann mit diesen sehr wohl einstimmen, ohne daß dies die Richtigkeit derselben weist; eine Ungenauigkeit in der Ermittlung des Cukhalts der Kugel des Dilatometers im Verhältniß zu Eines Scalentheils kann z. B. begangen worden seyn, daß dies die Uebereinstimmung der beobachteten und berechneten Volume merkbar afficirt. Aehnlich geht es jedem constanten Fehler, der einem Instrument oder einer Versuchsreihe anhaftet. Ich habe deshalb die Ausdehnung jeder Flüssigkeit wenigstens zwei Mal, mit verschiedenen Thermometern und Dilatometern, untersucht. Nur auf diese Art bekommt man ein richtiges Urtheil, wie genau man Ausdehnung der vor sich gehaltenen Flüssigkeit bestimmt!

Berechnung der Ausdehnungsversuche.

18) Die Berechnung ¹⁾ der Ausdehnungsversuche faßt in sich die Correction der unmittelbaren Beobachtung und die Ableitung von Interpolationsformeln aus ihnen.

- 1) Diese Rechnungen sind, wie alle derartigen sich immer wiederholende recht langweilig; man kann sie indess auch ohne Noth noch langweiliger machen, als sie schon an und für sich sind. So hat Pierre in seiner schätzbaren oben citirten Arbeit alle Ausdehnungsversuche bis auf elf Decimalstellen berechnet. Das ist zu viel; bei dem Aether z. B. entspricht eine Aenderung von 1 in der fünften Decimale des Volums (dasselbe bei $0^{\circ}=1$ gesetzt) einer Temperaturveränderung von nur etwa $0^{\circ},006$ bei dem Alkohol einer solchen von etwa $0^{\circ},008$. Ich glaube deshalb daß bei diesen Körpern die Berechnung bis zur fünften Decimale sehr hinreichend ist; nur bei dem Wasser, wo unter allen hier untersuchten Flüssigkeiten einer bestimmten Volumsveränderung die größte Temperaturveränderung entspricht, habe ich bis auf 6 Decimalen gerechnet. — Uebrigens sind Pierre's Versuche (so viel ich aus einigen Bestimmungen ersehen kann, die ich bei ihm für gleiche oder nahe gleiche Temperaturen gefunden habe) schon in der vierten Decimale nicht mehr zuverlässig. So ergeben seine Versuche No. 16 und 20 der zweiten Reihe für Holzgeist (*Ann. de chim. et de phys. III. Serie, T. XV, p. 357*) für $49^{\circ},83$ das Volum 1,06442092709, für die höhere Temperatur $49^{\circ},88$, aber das kleinere Volum 1,06412585972. Seine Versuche No. 14 der ersten und 13 der dritten Reihe (*p. 359*) geben für die, wohl identischen, Temperaturen $45^{\circ},52$ und $45^{\circ},51$ die Volume 1,05647297906 und

Die erste Reduction, über welche hier Nichts weiter gesagt zu werden braucht, ist die der unmittelbaren Angaben der willkürlich getheilten Thermometer auf 100theilige Grade, und die der Dilatometer mit nicht cylindrischer Röhre auf wahre Volumeinheiten. Ueber letztere Reduction wurde oben (5 und 6) gesprochen.

Die Angaben des Thermometers müssen aber weiter corrigirt werden, wenn das Quecksilber in der Röhre oder einem Theil derselben eine andere Temperatur hat, als das in der Kugel. Bezeichne T die unmittelbare Angabe eines solchen Thermometers, N (gleichfalls in 100theiligen Graden ausgedrückt) die Länge des Quecksilberfadens in der Röhre, welcher eine andere Temperatur t hat, so ist die corrigirte Temperaturangabe: $T + N \cdot (T - t) \cdot 0,000154$ (letztere Gröfse ist als die scheinbare Ausdehnung des Quecksilbers in Glas genommen). Da diese Correction so sehr oft vorkommt, so erleichtert man sich ihre Berechnung durch den Gebrauch einer Tabelle, welche sie für die verschiedenen Werthe von N und von $(T - t)$, beide von 5 zu 5 Graden fortschreitend, angiebt.

19) Die Angaben des Dilatometers erfordern gleichfalls eine solche Correction ¹⁾. Heifse E die Anzahl mit Flüss-

1,05631254942. Diefs zeigt wohl, daß hier der Luxus mit Decimalstellen etwas zu weit getrieben wurde.

- 1) Um Undeutlichkeit zu vermeiden, hebe ich besonders hervor (was sich zwar schon aus dem Vorhergehenden und dem Obigen ergibt), daß ich unter *Reduction* des Volums die Entfernung der Fehlerquelle verstehe, welche in der nicht cylindrischen Gestalt der Dilatometerröhre ihren Grund hat, unter *Correction* aber die Entfernung der Fehlerquelle, die in einer Differenz der Temperatur der Flüssigkeit in der Dilatometerkugel und der Dilatometerröhre begründet ist. Ist z. B. beobachtet, daß bei einer gewissen Temperatur das Dilatometer D bis zum 200sten Theilstrich auf der Scale erfüllt war, so giebt die oben (6) mitgetheilte Reductionsformel an, daß dieser Raum von 0 bis zu 200 der Dilatometerröhre = 196,61 reducirten Volumeinheiten oder Scalenthellen ist, den Raum von 0 bis 1 der Scale als Volumeinheit genommen. Da das Dilatometer D (nach 8) in der Kugel und der Röhre bis zu 0 der Scale 4686,98 solcher Volumeinheiten faßt, so ist das hiernach bestimmte reducirte Volum = $4686,98 + 196,61 = 4883,59$. Für diese Bestimmung kann nun noch eine, oben zu besprechende, Correction nöthig seyn.

sigkeit gefüllter (reducirter) Scalentheile, welche andere Temperatur haben, als für welche eine Volumbestimmung gerade gemacht wird; heisse x diese andere Temperatur; V_x das aus den uncorrigirten Beobachtungen erhaltene (reducirte) Volum, welches die Flüssigkeit im Dilatometer bei x^0 einnimmt; y die corrigirte Temperatur, welche eine Volumbestimmung gerade gemacht wird; bei dieser Bestimmung beobachtete (reducirte) Volum V_y ist die Correction, welche letzterer Bestimmung zu machen ist, $= \frac{E(V_y - V_x)}{V_x}$. Man reicht mit dieser ersten

Correctionsformel nicht aus, wenn die Correction selbst bedeutend ist; man muß in diesem Fall das gefundene corrigirte Volum an die Stelle von V_y in die Correctionsformel setzen, und damit fortfahren, bis eine Wiederholung der Rechnung die Correction nicht erheblich geändert ergibt.

Bei denjenigen Versuchsreihen, wo ein Theil der in dem Dilatometer enthalten gewesenen Flüssigkeit abgetrieben worden war (vergl. 16), konnte V_x nicht unmittelbar bestimmt werden, weil die noch im Dilatometer enthaltene Menge Flüssigkeit sich bei x^0 ganz in die Kugel zurückgezogen hätte (der Werth von x wich immer nur wenige Grade von der Temperatur der Luft in der Kugel ab). Aber dann ging immer eine Versuchsreihe aus, in welcher V_x direct bestimmt worden war, und aus dieser konnte dann darauf geschlossen werden, wie groß V_x für die andere Versuchsreihe war. (V_x ist zur Ausführung der Correction nicht in größter Schärfe bekannt zu seyn.)

Bei Versuchen mit Alkohol hatte z. B. x die Temperatur 22 bis 25°, und es ergaben die Beobachtungen, dass die in dem Dilatometer zuerst enthaltene Menge Alkohol bei 22° 4790, bei 25° 4805, bei 44°,3 4906, bei 50°,3 4942 Volumeinheiten. Es wurde dann Alkohol herausgetrieben, die rückständige Menge erfüllte bei 22° 4701 Volumeinheiten. Die bei den ersten Versuchen verwendete Menge Alkohol hätte bei dieser Tempera-

füllt 4928 Volumeinheiten; also wäre das Volum des nach dem Heraustreiben noch im Dilatometer enthaltenen Alkohols bei 22° 4569, bei 25° 4584 gewesen. Aus diesen Bestimmungen wurde V_x für die Versuche, wo sich weniger Alkohol im Dilatometer befand, ermittelt.

Wenn die niedrigste Temperatur (sie heiße z) in einer Versuchsreihe, die nach dem Herausnehmen eines Theils der Flüssigkeit angestellt wurde, einigermaßen beträchtlich über der höchsten Temperatur aus derjenigen Versuchsreihe lag, wo die Bestimmungen für die Temperaturen x wirklich gemacht wurden, so berechnete ich einige Beobachtungen der letztern Versuchsreihe vorläufig nach der Formel $a+bt+ct^2$, und schloß so auf das Volum, welches die in dieser Versuchsreihe angewandte Menge Flüssigkeit bei der Temperatur z aus der andern Versuchsreihe erfüllt hätte. So konnten auch hier die Werthe von V_x für die Versuchsreihe mit verminderter Menge Flüssigkeit berechnet werden.

Die in dem Folgenden als beobachtet mitgetheilten Temperatur- und Volumbestimmungen sind sämtlich auf die hier angegebene Weise corrigirt. — Die Volumbestimmungen sind Bestimmungen des *scheinbaren* Volums, wenn die Ausdehnung des Glases der Dilatometer nicht in Rechnung gebracht wurde, des *wahren* in dem entgegengesetzten Fall.

20) Aus den Beobachtungen mußten Interpolationsformeln abgeleitet werden.

Die (scheinbare oder wahre) Ausdehnung aller von mir untersuchten Flüssigkeiten, mit alleiniger Ausnahme des Wassers, läßt sich für das ganze Temperaturintervall, innerhalb dessen ich für jede beobachtete, durch die bekannte Formel

$$V=1+xt+yt^2+zt^3,$$

(wo V das scheinbare oder wahre Volum, auf das bei 0° als Einheit bezogen, t irgend eine Temperatur, x , y und z aus den Beobachtungen zu bestimmende Größen bedeuten) genau ausdrücken. Die Ausdehnung des Wassers läßt sich durch diese Formel weder für das Temperaturintervall 0 bis 100°, noch überhaupt für ein größeres, treu wiedergeben, wohl aber für kleinere Intervalle, die z. B. 25° nicht übersteigen.

Bei der Berechnung meiner Versuche über die Ausdehnung des Wassers bin ich der gewöhnlichen Methode gefolgt, jede einzelne (reducirte und corrigirte) Volumbestimmung auf das Volum bei 0° als Einheit zu beziehen, und sogleich auch noch für die Glasausdehnung zu corrigiren. Ist V das für 0° , V_1 das für t° bestimmte scheinbare Volum, K die Ausdehnung des Glases des gerade gebrauchten Dilatometers für 1° , so ist das wahre Volum bei t° , bezogen auf das bei 0° als Einheit, gegeben durch

$$\frac{V_1}{V} + \frac{V_1}{V} \cdot t \cdot K.$$

Aus allen Beobachtungen zwischen 0 und 25° suchte ich nun die Werthe von x , y und z in obiger Formel eben so aus allen Beobachtungen zwischen 25 und 50° , und 75° , 75 und 100° .

21) Bei der Berechnung der Beobachtungen für die andern Flüssigkeiten, bei welchen sich sowohl die scheinbare als die wahre Ausdehnung *durchweg* durch die Formel

$$1 + xt + yt^2 + zt^3$$

ausdrücken läßt, verfuhr ich anders.

Es kamen hier mehrere Flüssigkeiten vor, deren Volum bei 0° nicht direct beobachtet werden konnte, weil ihr Schmelzpunkt bei einer höheren Temperatur liegt. Ich mußte also die Versuche mit diesen Flüssigkeiten nach einer andern Methode berechnen, als die vorhergehende ist, und für alle Flüssigkeiten, für welche die angeführte Formel *durchweg* zulässig ist, gleichförmig die Rechnung führen zu können, war mir doch wünschenswerth. Hauptsächlich die Rücksicht, weniger der Umstand, daß bei der gewöhnlichen Art, die Rechnung zu führen, der Beobachtung für 0° ein unverhältnißmäßig großer Einfluß eingeräumt wird, indem man alle andern Beobachtungen nur auf diese bezieht, veranlaßten mich, das Volum bei 0° gleichfalls als eine Unbekannte zu setzen und aus den Beobachtungen zu bestimmen. Die Beobachtung bei 0° ist zwar eine sehr sichere in Beziehung darauf, daß man das Dilatometer lange bei einer scharf bestimmten Temperatur erhalten und genau a

lesen kann, aber sie ist eben so unsicher wie die andern in der Rücksicht, daß eine kleine Unregelmäßigkeit in der Weite der Dilatometerrohre als Fehlerquelle einwirken kann.

Bei der Berechnung derjenigen Versuchsreihen, wo für das ganze Temperaturintervall, innerhalb dessen die Ausdehnung untersucht werden sollte, eine und dieselbe Quantität Flüssigkeit sich in dem Dilatometer befand, gab jede einzelne Beobachtung, wenn das gefundene scheinbare Volum der Flüssigkeit V , die zugehörige Temperatur t heißt, eine Bedingungsgleichung von der Form

$$A + tX + t^2Y + t^3Z - V = 0,$$

worin A (das Volum bei 0°), X , Y und Z unbekannte Größen vorstellen.

Bei andern Versuchen (vergl. 16) mußte ein Theil der im Dilatometer enthaltenen Flüssigkeit herausgetrieben werden, wenn man zu einer gewissen Temperatur gekommen war, und um die Ausdehnung bei höheren Wärmegraden zu bestimmen. Bei der Berechnung solcher Versuche gaben nur diejenigen Beobachtungen Bedingungsgleichungen von der vorhergehenden Form, die bei 0° oder einer dieser nahegelegenen Temperatur anfielen und auf eine und dieselbe Quantität Flüssigkeit sich bezogen. Um diese Beobachtungen (sie mögen Beobachtungen der ersten Art heißen) und diejenigen, wo die Quantität der Flüssigkeit vermindert worden war (Beobachtungen der zweiten Art), in Eine Rechnung zusammenzubringen, dient folgendes Verfahren: Jede Beobachtung der ersten Art gab eine Bedingungsgleichung von der angegebenen Form

$$A + tX + t^2Y + t^3Z - V = 0$$

Von den Beobachtungen der zweiten Art wurden je zwei (sie mögen die scheinbaren Volume \mathfrak{B} und \mathfrak{B}_1 für die Temperaturen t und t_1 gegeben haben) combinirt; für diese kann man setzen

$$\mathfrak{B} : \mathfrak{B}_1 = (A + tX + t^2Y + t^3Z) : (A + t_1X + t_1^2Y + t_1^3Z)$$

oder

$$\mathfrak{B}_1(A + tX + t^2Y + t^3Z) - \mathfrak{B}(A + t_1X + t_1^2Y + t_1^3Z) = 0,$$

und erhielt so Bedingungsgleichungen aus den Beobachtun-

gen der zweiten Art, die mit denen aus den Beobachtungen der ersten Art gemeinschaftlich zur Bestimmung von Y und Z benutzt werden können.

Das *scheinbare Volum* bei verschiedenen Temperaturen wird so ausgedrückt durch eine Formel

$$A + Xt + Yt^2 + Zt^3;$$

dieselbe geht über, wenn das Volum bei $0^\circ = 1$ wird, in

$$1 + xt + yt^2 + zt^3,$$

wo
$$x = \frac{X}{A}, \quad y = \frac{Y}{A}, \quad z = \frac{Z}{A}.$$

Diese letztere Formel ist nun noch für die Ausdehnung des Glases des gerade angewandten Dilatometers zu gebrauchen, damit man einen Ausdruck für das wahre Volum bei verschiedenen Temperaturen habe. Sey diese (coefficiente) der Glasausdehnung für $1^\circ = k$, so ist das *wahre Volum* der Flüssigkeit bei t° , bezogen auf das bei 0° als Einheit gegeben durch:

$$(1 + xt + yt^2 + zt^3) + tk(1 + xt + yt^2 + zt^3),$$

d. i. durch

$$1 + (x + k)t + (y + xk)t^2 + (z + yk)t^3 \dots$$

22) Ich hätte sehr gewünscht, die Berechnung der Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate vornehmen zu können, als der einzig richtigen Art, wie man verfährt, was das Gesamtergebnis aller Beobachtungen betrifft. Da indessen das Hinzukommen der Bedingungsgleichungen zwischen den Beobachtungen der zweiten Art die Ausführung dieser Methode noch complicirter macht, und ich die ganze Berechnung allein vornehmen mußte, so konnte ich nicht sehen, wann ich, nach dieser Methode rechnend, fertig werden würde. Ich mußte also darauf verzichten, habe jedoch so gerechnet, daß sämtliche Beobachtungen zur Bestimmung der mittlern Ausdehnung der Formel für die Ausdehnung angewandt wurden.

Zu dem Ende entwickelte ich aus jeder Beobachtung der ersten Art eine Bedingungsgleichung von der allgemeinen Form, und combinirte alle Beobachtungen dieser Art paarweise, wie eben dargelegt wurde. Ich erhielt bei weitem mehr Bedingungsgleichungen, als unbenutzt

Größen zu finden waren, und konnte die Summen mehrerer solcher Bedingungsgleichungen als definitive Bedingungsgleichungen anwenden. Um die constanten Fehler, welche den Maximum- oder Minimumbeobachtungen in einzelnen Fällen anhaften konnten (vergl. 15), zu compensiren, wurden bei der Summation von Bedingungsgleichungen aus Beobachtungen der ersten Art durchschnittlich gleich viele aus Maximum- und aus Minimumbeobachtungen zusammengenommen; bei der Combination von Beobachtungen der zweiten Art wurde durchschnittlich eine Maximum- wieder mit einer Maximum-, eine Minimum- wieder mit einer Minimumbeobachtung combinirt, und gleichviel solcher Combinationen aus Maximum- und Minimumbeobachtungen zusammengenommen.

Zur Formation einer Bedingungsgleichung wurden nur selten (z. B. bei Berechnung der ersten Versuchsreihe mit Aceton, 74) Bedingungsgleichungen aus Beobachtungen der ersten und aus Beobachtungen der zweiten Art zusammengefaßt; die Coëfficienten in den letztern ergaben sich immer viel größer, als die in den ersteren, und um den Einfluß dieser nicht verschwinden zu lassen, wurden in einem solchen Fall alle zu addirenden Bedingungsgleichungen erst in der Art reducirt, daß der Coëfficient von $A=1$ wurde.

23) Es ist wohl kaum nöthig, hinsichtlich der Formeln, welche sich mir auf diese Art für die Ausdehnung der verschiedenen Flüssigkeiten ergaben, zu bemerken, daß sie keineswegs (wie dieß mitunter von solchen Ausdrücken geglaubt wurde) das Gesetz der Ausdehnung darstellen sollen, sondern daß sie lediglich Interpolationsformeln sind, zur Auffindung des Volums für jede Temperatur innerhalb des Temperaturintervalls der Beobachtungen, und allenfalls für Temperaturen außerhalb dieses Intervalls, in einem Abstände davon, welcher der Größe des Intervalls entsprechend ist. Mein Zweck war, die Ausdehnung jeder Flüssigkeit von 0° bis zum Siedepunkt derselben zu ermitteln; bei vielen konnte dieß direct geschehen, und selbst Beobachtungen für höhere Temperaturen als der Siedepunkt angestellt werden, weil sich bekanntlich Flüssigkeiten in thermometerartigen Appa-

raten bis über ihren Siedepunkt ohne Dampfbildung erlassen. Bei andern hingegen konnte ich nicht von (bis zum Siedepunkt beobachten, weil ihr Schmelzpunkt 0° liegt, oder weil ich bei Beobachtungen für ein so langes Temperaturintervall mehrmals hätte Flüssigkeit aus Dilatometer herausnehmen müssen, was ich zu vermeiden suchte. Dafs in solchen Fällen die Folgerungen auf Volum bei dem Siedepunkt doch richtige Resultate geben hierfür glaube ich eine Bürgschaft darin sehen zu dürfen, dafs ich stets mindestens zwei Versuchsreihen mit ganz verschiedenen Apparaten anstellte, und aus jeder Versuchsreihe für sich die Formel für die Ausdehnung ableitete; die Uebereinstimmung der Ergebnisse der verschiedenen Formeln zum Siedepunkt gewährt genügende Sicherheit für die Richtigkeit des Resultats.

Man hat Interpolationsformeln der Art noch anders anzuwenden wollen, namentlich zur Beantwortung der Frage, ob eine Flüssigkeit einen Punkt der grössten Dichtigkeit habe, und wo dieser liege. Die Anwendung solcher Formeln zu diesem Zweck (ausser wenn der Maximumpunkt innerhalb des Temperaturintervalls liegt, für welches beobachtet wurde), ist eine sehr bedenkliche, selbst wenn die Versuche einen ziemlich grossen Temperaturunterschied umfassen. In dem Folgenden finden sich Beispiele genug, wie sich aus zwei verschiedenen, gleich genauen Versuchsreihen zwei Formeln ableiten, welche innerhalb oder in der Nähe der Beobachtungstemperaturen fast identische Resultate geben, und doch in der Grösse und selbst in den Zeichen der Coëfficienten so verschieden sind, dafs es sich nach ihnen ganz widersprechend bestimmt, ob die untersuchte Flüssigkeit einen Maximumpunkt habe, oder nicht, oder wo derselbe liege.

Bestimmung des specifischen Gewichts.

24) Die Angaben des specifischen Gewichts von Flüssigkeiten sind meistens ungenau in Beziehung auf die Temperatur, für welche sie gelten. Bei der Bestimmung mit

dem Dichtigkeitsgläschen kann dieses, bis oben angefüllt, eine höhere Temperatur haben, als die umgebende Luft, wenn es vorher in der Hand gehalten wurde, eine niedrigere, wenn es eine flüchtige Substanz enthält und dieselbe bei dem Füllen die Oberfläche des Glases benetzte und verdampfte. Die meisten bis jetzt vorliegenden Dichtigkeitsbestimmungen sind in dieser Beziehung unsicher; viele Angaben geben auch das spec. Gewicht einer Flüssigkeit auf Wasser von einer andern Temperatur als Einheit bezogen, und diese andere Temperatur ist nur selten genau angegeben.

Als Normaltemperatur, bei welcher das spec. Gewicht der Flüssigkeiten bestimmt werden sollte, ist in neuerer Zeit besonders von Regnault die des schmelzenden Eises anempfohlen worden. Für Flüssigkeiten, welche bei 0° noch nicht fest werden, ist das gewiß auch am zweckmäßigsten, wenn man ihre Ausdehnung nicht kennt. Ist diese aber bekannt, so läßt sich das spec. Gewicht bei jeder Temperatur bestimmen und auf 0° reduciren. In dem Folgenden ist diese Reduction stets ausgeführt, und das spec. Gewicht jeder Flüssigkeit bei 0° , bezogen auf das des Wassers von derselben Temperatur als Einheit, angegeben. (Die Bestimmungen von Pierre, welche ich mit den meinigen hauptsächlich zu vergleichen habe, scheinen sich auf dieselbe Einheit zu beziehen; bezögen sie sich indess auch auf Wasser von der Temperatur des Dichtigkeitsmaximums, so wäre die hieraus entstehende Differenz zu vernachlässigen.)

25) Zur Bestimmung des specifischen Gewichts dienten mir Glaskugeln, die aus sehr engen Röhren geblasen waren, in welche nur ein fein ausgezogener Glasfaden gesteckt werden konnte. Die Röhren an den Kugeln waren oben etwas erweitert, so daß der Apparat mittelst eines zu einem federnden Ring umgebogenen Drahts an die Wage gehängt werden konnte. Jede Röhre war mit einem feinen Striche versehen, und konnte mittelst eines eingeschliffenen Stöpsels verschlossen werden. (Fig. 3, Taf. I, zeigt die Vorrichtung in etwa $\frac{1}{2}$ ihrer Größe.)

Die gebrauchten Apparate faßten $3\frac{1}{2}$ bis $4\frac{1}{2}$ Wasser. Bei Anwendung einer feinen Wage ist die Capacität hinlänglich, und sie hat den Vortheil, daß der Apparat enthaltene Flüssigkeit schnell die Temperatur der Umgebung annimmt, was bei größerer Capacität in demselben Maasse der Fall ist.

Diese Apparate wurden durch Erwärmen, Eintauchen in die Flüssigkeit, Erhitzung des Eingetretenen bis zum Sieden und abermaliges Eintauchen in die Flüssigkeit dieser fast ganz angefüllt, und die Füllung mittelst einer in einen feinen Faden ausgezogenen Glasröhre, die in eine Kautschukpipette gesteckt werden konnte, vollendet. Der Apparat wurde dann bis nahe an den Strich in ein Gefäß mit Wasser von constanter Temperatur getaucht, durch ein dicht daneben eintauchendes Thermometer abgelesen wurde, der Ueberschuß von Flüssigkeit bis an den Strich mittelst eines Glasfadens weggenommen, der leere Theil der Röhre mittelst eines feinen Streifens Papier getrocknet, und der Apparat auswendig abgetrocknet und gewogen. — Die Reinigung der Apparate geschah wie die der Dilatometer (13).

Es wurde für die verschiedenen bei dieser Untersuchung angewandten Apparate (sie sind in dem Folgenden II, III bezeichnet) ermittelt, wieviel Wasser sie bei verschiedenen Temperaturen fassen, und für jedes eine besondere Tabelle in dieser Beziehung construirt.

Ist P das Gewicht einer Flüssigkeit, die bei t° den Apparat bis zum Strich anfüllt, p das Gewicht Wasser, welches bei derselben Temperatur denselben Raum erfüllt (die Gewichte immer auf den luftleeren Raum reducirt),

$S_t = \frac{P}{p}$ das specifische Gewicht jener Flüssigkeit bezogen auf das des Wassers von derselben Temperatur als Einheit. Ich werde unten diese unmittelbaren Resultate meiner Versuche stets angeben. Ist weiter bei t das Volum des Wassers $= V$, das der andern Flüssigkeit (beide bezogen auf das Volum bei 0° als Einheit),

$S_0 = S_t \cdot \frac{\vartheta}{V}$ das specifische Gewicht der Flüssigkeit bei 0° , bezogen auf das des Wassers von derselben Temperatur als Einheit.

Nach dieser Formel habe ich auch die zu berücksichtigenden früheren Angaben, die für eine andere Temperatur als 0° gelten, reducirt. Wo ich Nichts Entgegenstehendes angegeben finde, setze ich voraus, daß sich die Bestimmungen auf Wasser von derselben Temperatur als Einheit beziehen.

Für alle diese Reductionen entnehme ich stets ϑ aus dem mittleren Endresultat meiner Ausdehnungsversuche, V aus der Tabelle über die Ausdehnung des Wassers, die ich unten (38) mittheilen werde.

26) Die Bestimmungen, wieviel Wasser bei verschiedenen Temperaturen in die beschriebenen Apparate ging, stellte ich vor der Untersuchung des specifischen Gewichts der andern Flüssigkeiten an, und zwar wiederholt (zu verschiedenen Zeiten und mit destillirtem Wasser von verschiedener Bereitung) mit ganz gleichen Resultaten. Ich bestimmte nun mittelst der Apparate I und II die specifischen Gewichte aller oben (2) genannten Flüssigkeiten, mit Ausnahme des Fuselalkohols und der Buttersäure; die beiden Bestimmungen differirten immer nur um höchstens 2 in der vierten Decimale, und ich hielt diese Uebereinstimmung für ein Zeichen, daß meine Versuche das specifische Gewicht der untersuchten Substanzen wirklich so genau geben. Die Kugel des Apparats I zerbrach, ehe ich an die Untersuchung des Fuselalkohols und der Buttersäure kam; ich bestimmte das spec. Gewicht derselben mit dem Apparat II, in welchem also schon eine Menge verschiedener Flüssigkeiten gewesen und durch wiederholte Erwärmung ausgetrieben worden waren, und mit dem Apparat III, der nach seiner Anfertigung nur mit Wasser und mit Quecksilber gefüllt worden war; diese Bestimmungen differirten schon in der dritten Decimalstelle, und diese Differenz beruhte nicht auf Wägungsfehlern oder sonstigen Versuchsfehlern, wie ich mich

bestimmt überzeugete. Ich untersuchte nun nochmal viel Wasser die Apparate aufzunehmen, und fand mit ihnen in öfters wiederholten Versuchen, daß der vielgebrauchte Apparat II jetzt weniger Wasser faßte, als Zeit, wo er nur mit Wasser gefüllt gewesen war. In der Zeit (ich nenne die desfallsigen Bestimmungen, wozu mich auf sie zu beziehen habe, *ältere*) faßte er bei 3,6822 Grm., jetzt (nach den *neueren* Bestimmungen 3,6738 Grm. Wasser. Der Apparat war nie auch nur fernt so stark erhitzt worden, daß eine Veränderung in der Gestalt der Kugel hätte entstehen können. Die Dichtigkeitsbeobachtungen mittelst des Apparats III differirten von denen mittelst des Apparats II beträchtlich stärker, als da auf Versuchsfehlern beruhen konnte (denn jeder einzelne Apparat gab mir bei wiederholten Versuchen viel gestimmte Resultate), mochte ich die mittelst des letzteren angestellten Beobachtungen nach den älteren oder nach den neueren Bestimmungen berechnen. — Ich will aus diesen Versuchen, die ich alle oft wiederholt habe, keine vorläufige Folgerung ziehen, aber ich habe mich überzeugt, 1) daß die Quantität Wasser, welche in ein Glasgefäß, als es neu eingekauft, eine andere seyn kann, als die, nachdem dasselbe mit sehr verschiedenartigen Flüssigkeiten gefüllt und durch Erwärmen davon gereinigt worden war, und 2) daß ein neues Glasgefäß und ein, wie eben angegeben, längere Zeit gebrauchtes zwei Flüssigkeiten (Wasser und Fuselalkohol z. B.) in verschiedenem Verhältniß fassen können, in der Art, daß dadurch die Ermittlung des Verhältnisses der specifischen Gewichte bis auf zwei Tausendtheile unsicher kann. — Uebrigens waren die Apparate I und II aus demselben, III aus verschiedenem Glase verfertigt.

Bestimmung des Siedepunkts.

27) Es soll diese kennen lehren, bei welcher Temperatur die Spannkraft der Dämpfe einer Flüssigkeit dem Luftdrucke (und zwar genauer: bei dem Normalbarometerstande 760 Mm.) das Gleichgewicht hält. Die bis

vorliegenden Angaben sind in mehrfacher Beziehung unsicher.

Meistens wird das Thermometer in die siedende Flüssigkeit nur so lange eingetaucht, als sich der Stand des Quecksilbers merklich ändert, und die Beobachtung wird beendigt, wenn dieser Stand stationär geworden zu seyn scheint. — Setzt man die Beobachtung länger fort, so findet man nicht selten, daß das Thermometer noch langsam steigt; mitunter wird es dann später an einem andern Punkte stationär, mitunter steigt es, so lange noch Flüssigkeit in dem Siedegefäß enthalten ist.

Fast immer wird der Siedepunkt genommen, indem die Kugel des Thermometers in die Flüssigkeit taucht, und nur selten hat man Körper in diese gethan, welche (wie Platin, Kohle u. a.) ein stofsweises Kochen und damit verbunden das Eintreten eines zu hohen Siedepunkts verhindern (vgl. meine Abhandlung über den Siedepunkt isomerer Körper, Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 55, S. 171 ff.). Läßt man die Kugel des Thermometers in die siedende Flüssigkeit tauchen, so zeigt fast nie das Instrument eine constante Temperatur, sondern das Ende des Quecksilberfadens ist in steter hüpfender oder zitternder Bewegung; der auf diese Art gefundene Siedepunkt kann um mehrere Grade höher liegen, als der, welcher gefunden wird, wenn sich die Kugel des Thermometers in dem Dampf der siedenden Flüssigkeit befindet. Jene Unstetigkeit in dem Stand des Thermometers zeigt sich natürlich um so auffallender, je empfindlicher das Instrument ist; bei einem weniger empfindlichen Thermometer kann der Stand vollkommen stationär erscheinen, wo ein empfindliches starke Schwankungen anzeigt.

Der Siedepunkt wird sehr selten für den Barometerstand 760 Mm. beobachtet oder angegeben; dieß kann die Angaben leicht um 1° und mehr unsicher machen. Ist der Barometerstand mitgetheilt, bei welchem die Beobachtung gemacht wurde, so läßt sich diese (sehr approximativ wenigstens) auf 760 Mm. B.St. reduciren. — Die Angabe des Barometerstandes ist fast nie auf 0° reducirt; die hieraus

entspringende Unsicherheit übersteigt nicht leicht 0°
Ich bezeichne im Folgenden die auf 0° reducirten Ba-
terstände mit (corr.) B.St., die nicht reducirten mit
corr.) B.St.

Von großem Einfluß ist bei der Bestimmung höhe-
gender Siedepunkte der Fehler, daß auf den Unters-
der Temperatur der Thermometerkugel und der Ther-
meterröhre keine Rücksicht genommen wird. Gesetzt,
mache eine Siedepunktsbestimmung, wo die Thermome-
röhre bei +10° aus dem Siedegefäß herausragt, das T-
mometer zeige 200°, der herausragende Theil der Ther-
meterröhre, so weit diese mit Quecksilber gefüllt ist (10°
bis 200° auf der Scale), habe eine mittlere Tempe-
tur von selbst 60° (meistens hat er eine niedrigere),
beträgt der in Rede stehende Fehler über 4°.

Endlich cursiren manche Siedepunktsangaben, die nicht
durch Beobachtung an reinen Flüssigkeiten, sondern durch
Rectificationen unreiner Substanzen erhalten wurden.

28) Zu den Siedepunktsbestimmungen, die ich hier vor-
lege, diene mir ein ähnlicher Apparat, wie ich ihn schon
früher (Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 55, S. 179) angewandt.
Ein cylindrisches Siedegefäß, 20 bis 25 Mm. weit und 10
bis 12 Cm. hoch, enthielt die zu untersuchende Flüssigkeit;
es war oben mit einem Kork verschlossen, in welchem das
Thermometer steckte, und noch eine Röhre, welche durch
einen Kühlapparat hindurchging. In die Flüssigkeit war
stets reines und frischgeglühtes Platinblech gelegt worden;
der Siedepunkt wurde bestimmt, indem sich die Thermome-
terkugel in der Flüssigkeit, und, indem sie sich im Dampf
befand. Für jede Flüssigkeit wurde die Beobachtung des
Siedepunkts fortgesetzt, bis sie fast ganz aus dem Siedege-
fäß weggedampft war. Es stand dieses in einem Wasser-
oder Sandbad, welches durch eine Lampe erwärmt wurde;
der aus dem Siedegefäß herausragende Theil der Thermo-
meterröhre war meistens durch Schirme, welche über dem
Kork des Siedegefäßes horizontal befestigt waren, gegen
starke Erwärmung geschützt, und ein mit seiner Kugel an

der Mitte des herausragenden Quecksilberfadens befindliches Thermometer gab die mittlere Temperatur derselben an. Ich fand indess, daß auch ohne Anwendung von Schirmen das letztere Thermometer eine so constante Temperatur zeigt, daß sie unbedenklich für die mittlere jenes Quecksilberfadens genommen werden kann.

Die unmittelbaren Beobachtungen waren zu corrigiren für die abweichende Temperatur des aus dem Siedegefäß herausragenden Quecksilberfadens in der Thermometerröhre, was nach der oben (18) angegebenen Formel geschah, und zu reduciren auf den Normalbarometerstand 760 Mm. Letzteres liefs sich mindestens approximativ ausführen, indem ich das Dalton'sche Gesetz als gültig für solche Abstände vom Siedepunkt betrachtete, die etwa 1° nicht übersteigen, und indem ich Regnault's Bestimmungen für den Siedepunkt des Wassers bei verschiedenem Barometerstand zu Grunde legte. (Nach diesen liegt der Siedepunkt um $0^{\circ},1$ niedriger für je $2^{\text{mm}},7$, um welche der statthabende corrigirte Barometerstand kleiner ist als 760 Mm.)

Diese Methode, den Siedepunkt zu bestimmen, prüfte ich durch einen Versuch mit Wasser. Das Thermometer 7 zeigte, mit der Kugel im Dampf befindlich, $98^{\circ},9$; es ragte aus dem Siedegefäß (es wurde in der Mitte des Korks, in welchem das Thermometer steckte, gemessen) bei $15^{\circ},4$. Ein mit der Kugel an der Mitte des herausragenden Quecksilberfadens befindliches Thermometer zeigte 41° . Der corrigirte Barometerstand war $748^{\text{mm}},2$. Die Correction für den herausragenden Quecksilberfaden beträgt $83,5 \times 57,9 \times 0,000154 = 0,075$, die Correction für den von 760 Mm. abweichenden Barometerstand $0^{\circ},44$; die corrigirte und auf 760 Mm. B.St. reducirte Beobachtung ist also $98,9 + 0,75 + 0,44 = 100^{\circ},09$. — Es werden hiernach die im Folgenden oft vorkommenden Abkürzungen: „Corr. f. d. Scale“ und „Reduc. auf 760 Mm. B.St.“ verständlich seyn.

29) Ich wünschte sehr, die so beobachteten Siedepunkte noch durch ein anderes Verfahren controliren zu können, nämlich für die Dampfelasticitäten, welche nahe 760 Millim.

Quecksilberhöhe entsprechen, die zugehörigen Temperaturen zu beobachten, und daraus zu bestimmen, welche Temperatur zu 760 Mm. Spannkraft gehört. Aber mittelst der Apparate, welche ich construiren und aufstellen konnte, erzielte ich keine brauchbaren Resultate. Eine Vorrichtung, an welcher ich namentlich viele Versuche anstellte, und die unter günstigeren Umständen wohl auch ihrem Zweck entsprechen dürfte, war folgende, Fig. 4, Taf. I, in $\frac{1}{4}$ ihre Grösse abgebildete. Eine weite Barometerröhre bog ich um, und zog das kürzere Ende unter einem spitzen Winkel fein aus, füllte sie bis *ab* mit Quecksilber, welche darin gut ausgekocht wurde, tauchte das ausgezogene Ende in ein Gefäß mit der Flüssigkeit, deren Siedepunkt indirect bestimmt werden sollte, und füllte die Röhre über *a* wie ein Thermometer; dann schmolz ich, ohne das Ende *d* der ausgezogenen Röhre aus der Flüssigkeit wegzunehmen, dieselbe nahe bei *a* ab. Aus dem oben offenen Schenkel der Barometerröhre wurde nun Quecksilber herausgenommen, bis es bei *c* stand, eine Scale an die Vorrichtung befestigt, und das Ganze in ein großes Glasgefäß mit Flüssigkeit getaucht, die erhitzt werden konnte. Nahe bei dem Siedepunkt der eingefüllten Substanz trat Dampfbildung ein, was durch gelinde Erschütterung befördert wurde. Aber die Quecksilbersäule in der heberförmigen Röhre zeigte stets so starke Oscillationen, daß eine genaue Bestimmung des Standes ihrer Enden nicht möglich war, und ich vorläufig auf diese Bestimmungen und eine solche indirecte Ermittlung des Siedepunkts verzichten mußte.

30) Gehen wir jetzt über zu den Resultaten der Versuche mit den einzelnen Flüssigkeiten. Zuvor ist noch zu bemerken, daß ich den Siedepunkt der Substanzen fast immer sogleich nach ihrer Reindarstellung bestimmte; das specifische Gewicht und die Ausdehnung untersuchte ich indess meistens erst längere Zeit, mehrere Monate, später; in der Zwischenzeit waren die Flüssigkeiten in Glaskölbchen gefüllt, deren dünn ausgezogener Hals zugeschmolzen war.

Wasser (H₂O).

31) Das untersuchte Wasser war bei der Destillation einer grossen Quantität aufgefangen worden, nachdem ein Drittheil derselben übergegangen war, und erwies sich vollkommen rein. Um es luftfrei in die Dilatometer zu füllen, wurde es lange Zeit in einem Glaskolben im Sieden erhalten, dann rasch in ein Gefäss gegossen, in welches das Dilatometer mit dem offenen Ende tauchte (Fig. 1, Taf. I), auch hier durch eine untergestellte Lampe in stetem Sieden erhalten, und das Dilatometer so mit siedendem Wasser gefüllt. So oft ich auch das Wasser in der Dilatometerkugel zum Kochen brachte, gelang es mir doch nicht, zu vermeiden, daß nicht immer im Augenblick, wo bei der Erkaltung die Wasserdämpfe in der Kugel condensirt wurden, ein äusserst kleines, nadelspitzengrosses Luftbläschen übrig geblieben wäre, welches nach kurzer Berührung mit dem erkaltenden Wasser absorbirt wurde. Auch diese letzte Spur von Luft konnte entfernt werden, indem ich das Dilatometer in dem Augenblick, in welchem sich die Kugel mit Wasser ganz anfüllte, aufrecht stellte; das kleine Luftbläschen stieg dann durch das Wasser in der feinen Dilatometerrohre rasch in die Höhe.

32) Ich habe über die Ausdehnung des Wassers vier Versuchsreihen angestellt.

Erste Versuchsreihe. Thermometer 9 und Dilatometer D.

Temp.	Scheinbares Volum.	Temp.	Scheinbares Volum.	Temp.	Scheinbares Volum.	Temp.	Scheinbares Volum.
0°,0	4707,3	13°,5	4708,1	24°,0	4716,1	50°,1	4757,0 +
0,9	4707,1	15,0	4709,0	27,3	4719,8	56,2	4770,9 —
5,2	4706,2	16,3	4709,9	34,0	4728,8	57,7	4773,6 +
6,1	4706,2	18,6	4711,2	36,2	4732,1 +	60,7	4781,4 —
7,2	4706,3	19,2	4711,9	39,4	4737,5 —	63,7	4787,4 +
9,1	4706,7	19,8	4712,2	46,2	4749,3 +	65,8	4793,8 —
11,2	4707,1	21,2	4713,5	47,7	4752,5 —	73,1	4812,2 +

Zweite Versuchsreihe. Thermometer 9 und Dilatometer

Temp.	Scheinbares Volum.	Temp.	Scheinbares Volum.	Temp.	Scheinbares Volum.	Temp.	Scheinbares Volum.
0°,0	4704,2	77°,7	4822,7 +	81°,8	4835,8 -	85°,3	4845,1
75°,6	4817,5 -	79°,1	4827,8 -	82°,6	4838,0 -	86°,9	4850,0

Dritte Versuchsreihe. Thermometer 2 und Dilatometer

Temp.	Scheinbares Volum.	Temp.	Scheinbares Volum.	Temp.	Scheinbares Volum.	Temp.	Scheinbares Volum.
0°,0	3917,4	18°,6	3920,7	42°,7	3946,8 +	67°,7	3993,2
2°,1	3916,9	21°,8	3923,1	48°,3	3955,9 -	73°,0	4001,6
6°,3	3916,4	24°,5	3925,3	49°,6	3957,4 +	78°,8	4019,2
8°,6	3916,6	28°,2	3928,6	53°,5	3964,7 -	83°,2	4029,3
11°,9	3917,5	34°,1	3935,3	55°,5	3967,8 +	89°,6	4046,9
13°,8	3918,3	39°,5	3942,2 +	59°,5	3976,0 -	93°,6	4056,6
15°,6	3919,2	40°,9	3944,5 -	61°,9	3980,3 +		

Vierte Versuchsreihe. Thermometer 9 und Dilatometer B.

Temp.	Scheinbares Volum.	Temp.	Scheinbares Volum.	Temp.	Scheinbares Volum.	Temp.	Scheinbares Volum.
0°,0	3590,8	22°,2	3596,1	60°,5	3645,3 +	93°,9	3718,6 +
1°,6	3590,3	32°,4	3605,2 -	69°,0	3662,6 -	94°,1	3720,5 -
5°,6	3589,8	33°,7	3606,4 +	73°,7	3671,2 +	95°,6	3724,6 -
8°,5	3590,0	44°,7	3620,7 -	79°,1	3684,2 -	100°,1	3734,8 +
12°,7	3590,9	49°,7	3627,7 +	84°,9	3696,5 +	100°,4	3735,6 +
17°,4	3593,0	57°,8	3641,3 -	87°,6	3704,2 -	101°,3	3739,1 +

33) Diese Versuche geben, auf das bei 0° beobachtete Volum als Einheit berechnet und für die Glasausdehnung der angewandten Dilatometer corrigirt (vergl. 20), die im Folgenden als beobachtete angeführten Zahlen. Aus allen Beobachtungen für die Temperaturen zwischen 0 und 25° findet man mittelst der Methode der kleinsten Quadrate für das wahre Volum des Wassers bei t° innerhalb dieses Temperaturintervalls die Formel:

$$V = 1 - 0,000061045t + 0,0000077183t^2 - 0,0000003734t^3 \quad (1)$$

(Lgg. ¹) 0,78565—5 0,88752—6 0,57217—8)

- 1) Um etwaige Druckfehler in den Ausdehnungsformeln leichter erkennen zu lassen, und um die Anwendung derselben zu erleichtern, werde ich jedesmal die Logarithmen ihrer Coëfficienten beisetzen.

nach welcher die in der folgenden Tabelle als berechnete angeführten Zahlen gefunden sind.

Diese Formel giebt als Bedingungsgleichung für die Temperatur des Minimums des Volums:

$$0,00000011202t^2 - 0,0000154366t + 0,000061045 = 0,$$

woraus t , die Temperatur des Dichtigkeitsmaximums, $= 4^{\circ},08$ gefunden wird.

Die Buchstaben in den nachfolgenden Tabellen geben an, mit welchem Dilatometer (und mithin in welcher Versuchsreihe) jede einzelne Beobachtung gemacht war.

No.	Temp.	Wahres Volum.		No.	Temp.	Wahres Volum		
		Beobachtet.	Berechn.			Beobachtet.	Berechn.	
1	0°,9	0,999978	D	0,999951	16	13°,8	1,000568 C	1,000529
2	1,6	0,999902	B	0,999922	17	15,0	1,000706 D	1,000695
3	2,1	0,999923	C	0,999906	18	15,6	1,000841 C	1,000784
4	5,2	0,999885	D	0,999886	19	16,3	1,000927 D	1,000894
5	5,6	0,999865	B	0,999894	20	17,4	1,001057 B	1,001078
6	6,1	0,999906	D	0,999906	21	18,6	1,001256 D	1,001294
7	6,3	0,999899	C	0,999912	22	18,6	1,001298 C	1,001294
8	7,2	0,999953	D	0,999946	23	19,2	1,001419 D	1,001409
9	8,5	0,999994	B	1,000016	24	19,8	1,001496 D	1,001527
10	8,6	1,000007	C	1,000022	25	21,2	1,001805 D	1,001819
11	9,1	1,000081	D	1,000055	26	21,6	1,001989 C	1,001950
12	11,2	1,000215	D	1,000232	27	22,2	1,002043 B	1,002040
13	11,9	1,000317	C	1,000304	28	24,0	1,002421 D	1,002464
14	12,7	1,000352	B	1,000393	29	24,5	1,002618 C	1,002588
15	13,5	1,000480	D	1,000491				

34) Aus den Beobachtungen für 25 bis 50° folgt, wenn man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus den Beobachtungen 30 bis 34, aus 35 bis 40, und aus 41 bis 46 nimmt, die Formel:

$$V = 1 - 0,000065415t + 0,0000077587t^2 - 0,000000035408 \quad (II)$$

$$(Lgg. \quad 0,81567 - 5 \quad 0,68979 - 6 \quad 0,54911 - 8)$$

welche die Beobachtungen in folgender Uebereinstimmung wiedergiebt:

No.	Temp.	Wahres Volum.		No.	Temp.	Wahres Volum.		
		Beobachtet.	Berechn.			Beobachtet.	Berechn.	
30	27°,3	1,003284	D	1,003276	33	33°,7	1,005208 B +	1,005252
31	28,2	1,003551	C	1,003531	34	34,0	1,005352 D -	1,005353
32	32,4	1,004840	B -	1,004821	35	34,1	1,005408 C -	1,005387

No.	Temp.	Wahres Volum.		No.	Temp.	Wahres Volum.	
		Beobachtet.	Berechn.			Beobachtet.	Berechn.
36	36°,2	1,006104	D +	42	46°,2	1,009993	D +
37	39°,4	1,007326	D -	43	47°,7	1,010708	D -
38	39°,5	1,007304	C +	44	48°,3	1,011022	C -
39	40°,9	1,007926	C -	45	49°,6	1,011439	C +
40	42°,7	1,008558	C +	46	49°,7	1,011559	B +
41	44°,7	1,009477	B -				

35) Aus den Beobachtungen für 50 bis 75° folgt, wenn man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus den Beobachtungen 47 bis 52, aus 52 bis 57, und aus 58 bis 63 nimmt, die Formel:

$$V = 1 + 0,00005916t + 0,0000031849t^2 + 0,000000073848t^3 \quad (II)$$

(Lgg. 0,77203 — 5 0,50310 — 6 0,86242 — 9)

welche die Beobachtungen in folgender Uebereinstimmung wiedergibt:

No.	Temp.	Wahres Volum.		No.	Temp.	Wahres Volum.	
		Beobachtet.	Berechn.			Beobachtet.	Berechn.
47	50°,1	1,011721	D +	56	61°,9	1,017597	C +
48	53°,5	1,013400	C -	57	63°,7	1,018504	D +
49	55°,5	1,014242	C +	58	65°,8	1,019914	D -
50	56°,2	1,014820	D -	59	67°,7	1,021040	C -
51	57°,7	1,015428	D +	60	69°,0	1,021792	B -
52	57°,8	1,015560	B -	61	73°,0	1,024086	C +
53	59°,5	1,016438	C -	62	73°,1	1,024002	D +
54	60°,5	1,016512	B +	63	73°,7	1,024313	B +
55	60°,7	1,017157	D -				

36) Aus den Beobachtungen für 75° bis 100° und weiter folgt, wenn man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus den Beobachtungen 64, 65, 66, 67, 71, 72; aus 68, 69, 70, 73, 74, 75, 77, 78; und aus 76, 79, 80, 81, 82, 83 nimmt, die Formel:

$$1 + 0,00008645t + 0,0000031892t^2 + 0,000000024487t^3 \quad (IV)$$

(Lgg. 0,93676 — 5 0,50368 — 6 0,38893 — 9)

welche die Beobachtungen in folgender Uebereinstimmung wiedergibt:

No.	Temp.	Wahres Volum.		No.	Temp.	Wahres Volum.	
		Beobachtet.	Berechn.			Beobachtet.	Berechn.
64	75°,6	1,025864 <i>D</i> -	1,025820	74	86°,9	1,033051 <i>D</i> +	1,033202
65	77°,7	1,027020 <i>D</i> +	1,027120	75	87°,6	1,033887 <i>B</i> -	1,033692
66	78°,8	1,027966 <i>C</i> -	1,027813	76	89°,6	1,035324 <i>C</i> -	1,035111
67	79°,1	1,028083 <i>B</i> -	1,028005	77	93°,6	1,037907 <i>C</i> +	1,038041
68	79°,1	1,028139 <i>D</i> -	1,028005	78	93°,9	1,038075 <i>B</i> +	1,038265
69	81°,8	1,029907 <i>D</i> -	1,029751	79	94°,1	1,038609 <i>B</i> -	1,038415
70	82°,6	1,030395 <i>D</i> -	1,030280	80	95°,6	1,039793 <i>B</i> -	1,039551
71	83°,2	1,030660 <i>C</i> +	1,030678	81	100°,1	1,042761 <i>B</i> +	1,043064
72	84°,9	1,031667 <i>B</i> +	1,031826	82	100°,4	1,042991 <i>B</i> +	1,043304
73	85°,3	1,031970 <i>D</i> +	1,032099	83	101°,3	1,043993 <i>B</i> +	1,044028

37) In wiefern meine Resultate und die früherer Beobachter übereinstimmen, ergibt sich aus folgender Uebersicht, wo ich die Resultate Hällström's (diese Annalen Bd. 1, S. 168), Muncke's (Gehler's Wörterbuch Bd. 4, S. 1492), Despretz's (*Ann. de chim. et de phys.* T. LXX, p. 24 u. 47), Pierre's (dieselben, 3^{re} Serie, T. XV, p. 348 ff.) und die meinigen vergleiche. Das wahre Volum des Wassers (das bei 0° immer = 1 gesetzt) ist

	bei 25°	bei 50°	bei 75°	bei 100°
nach Kopp:				
	F. I: 1,002715	F. II: 1,011700	F. III: 1,025425	
	F. II: 1,002661	F. III: 1,011831	F. IV: 1,025456	F. IV: 1,042986
nach Despretz:				
	1,002805	1,011921	1,025490	1,043017
nach Muncke:				
	1,002786	1,011591	1,024654	1,042928
nach Hällström:				
	1,002540			

Folgende Bestimmungen von Pierre habe ich auf's Gerathewohl herausgegriffen, und für die zugehörigen Temperaturen nach meinen Formeln die Volume berechnet:

	21°,24	39°,02	60°,10	87°,72
Pierre:				
	1,001888	1,007209	1,017187	1,042033
Kopp:				
	F. I: 1,001828	F. II: 1,007157	F. III: 1,016641	F. IV: 1,041187

38) Aus den oben nach meinen Beobachtungen berechneten Formeln ergibt sich folgende Tabelle für das Volum

des Wassers bei verschiedenen Temperaturen (das V für 25° habe ich nur nach Formel I bestimmt, weil zur leitung der Formel II nur wenige Beobachtungen nah 25° benutzt wurden; das für 50° angegebene Volum das Mittel der Ergebnisse von Formel II und III, und für 75° das Mittel von III und IV):

Temp.	Wahres Volum.	Temp.	Wahres Volum.	Temp.	Wahres Volum.
0°	1,000000	14°	1,000556	40°	1,007531
1	0,999947	15	1,000695	45	1,009541
2	0,999908	16	1,000846	50	1,011766
3	0,999885	17	1,001010	55	1,014100
4	0,999877	18	1,001184	60	1,016590
5	0,999883	19	1,001370	65	1,019302
6	0,999903	20	1,001567	70	1,022246
7	0,999938	21	1,001776	75	1,025440
8	0,999986	22	1,001995	80	1,028581
9	1,000048	23	1,002225	85	1,031894
10	1,000124	24	1,002465	90	1,035397
11	1,000213	25	1,002715	95	1,039094
12	1,000314	30	1,004064	100	1,042986
13	1,000429	35	1,005697		

39) Das specifische Gewicht des Wassers bei 0° = 1 gesetzt, ist das specifische Volum desselben

bei 0° = 9 (für A. G. H=1) oder = 112,5 (A. G. O=100),
bei 100° = 9,387 - - - 117,33 - -

Holzgeist (Methyloxydhydrat; $C_2H_4O_2$).

40) Holzgeist, welcher schon einmal nach Kane's Methode behandelt worden war, reinigte ich noch einmal nach derselben, und zwar setzte ich das Erhitzen mit Chlorcalcium im Wasserbad, unter heftigem Kochen des Wassers, lange fort. Die rückständige krystallinische Verbindung von Chlorcalcium und Holzgeist wurde durch Destillation mit Wasser zerlegt, das Destillat wiederholt mit Aetzkalk zusammengebracht und davon abdestillirt, bis frischer Aetzkalk in dem Destillat nicht mehr zerfiel.

0,2140 Substanz von der letzten Rectification gaben mir bei der Analyse 0,2936 Kohlensäure und 0,2373 Wasser; 0,2637 Substanz 0,3633 Kohlensäure und 0,2994 Wasser; d. i.:

	Gefunden.		Berechnet nach $C_2H_4O_2$.
Kohlenstoff	37,42	37,57	37,50
Wasserstoff	12,32	12,62	12,50
Sauerstoff	50,26	49,81	50,00.

41) Bei der Siedepunktsbestimmung war der (corr.) B.St. $= 743^{mm},9$.

Corr. f. d. Reduc. auf
Scale. 760^{mm} B. St.

Das Thermometer *b*, mit der Kugel
in der Flüssigkeit, zeigte schwankend

64,7 bis $65^{\circ},1$

am constantesten 64,9

65,1

$65^{\circ},7$

(Die Flüssigkeit kochte ziemlich ruhig, ohne starkes Störsen.)

Mit der Kugel im Dampf (aber nicht vollkommen constant, sondern auch etwas zitternd)

64,7

64,9

$65^{\circ},5$

Nach dieser Beobachtung ist der Siedepunkt des Holzgeists für 760 Mm. B.St. $65^{\circ},5$. Frühere Beobachtungen von Dumas und Péligot, Kane, mir selbst (Ann. d. Chém. und Pharm., Bd. 55, S. 195) und Pierre, gaben folgende Resultate (wo nichts Anderes bemerkt ist, tauchte die Thermometerkugel in die Flüssigkeit selbst), denen ich die Reduction auf 760 Mm. B.St. beifüge:

	(uncorr.) B. St		Reducirt.
Dum. u. Pél.	$66^{\circ},5$	761 Mm. (Quecksilber zugegen)	66,5
Kane	60	744	60,6
Kp. (früher)	$66^{\circ},0$	752 (Platin zugegen)	66,3
-	$65^{\circ},5$	- (Platin u. Kohle zugegen)	65,8
-	$65^{\circ},0$	- (im Dampf)	65,3
Pierre	$66^{\circ},3$	759 (Glasstücke zugegen)	66,3

Keine dieser Beobachtungen ist, meines Wissens, für die herausragende Thermometerröhre corrigirt.

42) Die Ausdehnung des Holzgeists untersuchte ich in zwei Versuchsreihen:

Erste Versuchsreihe. Thermometer 3 und Dilatometer E.

No.	Temp.	Scheinb. Vol	No.	Temp.	Scheinb.
1	0°,0	4682,7	9	28°,2	4832,6
2	3,3	4698,7	10	31,4	4850,7
3	7,1	4718,5	11	38,3	4889,7
4	13,6	4753,0	12	38,8	4892,5
5	14,8	4759,5	13	39,7	4898,1
6	19,8	4786,1	14	40,5	4903,0
7	23,4	4806,2	15	41,3	4906,9
8	27,1	4826,8			

Mit einer kleineren Quantität Holzgeist wurde weiter beobachtet:

16	38°,7	4731,6	—	22	59°,9	4858,3	—
17	42,3	4751,7	—	23	61,3	4866,1	+
18	42,9	4755,4	—	24	63,5	4879,6	+
19	42,9	4754,8	+	25	66,8	4900,5	+
20	44,2	4762,3	+				
21	53,0	4815,9	—				

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 5, aus 6 bis 10, aus 7 bis 15, und aus den Combinationen 16 und 21, 17 und 22, 18 und 23, 19 und 24, und 20 und 25, so erhält man für das scheinbare Volum des Holzgeistes im Dilatometer *E* die Formel:

$$V = 4681,6 + 5,25105 t + 0,0004860 t^2 + 0,00011397 t^3$$

oder das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00112163 t + 0,00000010381 t^2 + 0,000000024344 t^3 \quad (1)$$

(Lgg. 0,04985 — 3 0,01625 — 7 0,38640 — 8).

Wie diese Formel die Beobachtungen ausdrückt, ersieht man aus folgender Zusammenstellung, wo die vorher angeführten Beobachtungen jetzt gleichfalls auf 4681,6 bei 0° als Einheit bezogen, d. h. durch diese Zahl dividirt sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beobacht.	berechn.			beobacht.	berechn.
1	0°,0	1,00024	1,00000	9	28°,2	1,03225	1,03226
2	3,3	1,00365	1,00370	10	31,4	1,03612	1,03607
3	7,1	1,00788	1,00798	11	38,3	1,04445	1,04448
4	13,6	1,01525	1,01533	12	38,8	1,04505	1,04510
5	14,8	1,01664	1,01670	13	39,7	1,04624	1,04621
6	19,8	1,02232	1,02244	14	40,5	1,04729	1,04722
7	23,4	1,02661	1,02662	15	41,3	1,04812	1,04821
8	27,1	1,03101	1,03096				

Die Uebereinstimmung der Rechnung und der Beobachtung bei denjenigen Versuchen, wo sich eine kleinere Quantität Holzgeist in dem Dilatometer befand, ersieht man aus folgender Zusammenstellung:

Es verhalten sich die scheinbaren Volume

No.	bei	wie	zu beobacht.	berechn.
16 (—) und 21 (—)	38°,7 und 53°,0	1,04498	1,06361	1,06336
17 (—) - 22 (—)	42,3 - 59,9	1,04947	1,07301	1,07279
18 (+) - 23 (—)	42,9 - 61,3	1,05023	1,07468	1,07476
19 (+) - 24 (+)	42,9 - 63,5	1,05023	1,07780	1,07787
20 (+) - 25 (+)	44,2 - 66,8	1,05188	1,08240	1,08264

43) *Zweite Versuchsreihe.* Thermometer 2 und Dilatometer D.

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
1	0°,0	4685,3	9	27°,7	4833,4
2	3,3	4702,2	10	31,0	4851,4
3	7,0	4721,4	11	36,5	4881,3
4	13,4	4755,0	12	39,7	4901,1
5	14,6	4761,9	13	40,3	4904,1
6	19,5	4787,8	14	43,4	4923,0
7	23,0	4800,9	15	45,4	4933,6
8	26,7	4827,4			

Mit einer kleineren Quantität Holzgeist wurde weiter beobachtet:

16	44°,0	4718,7	22	60°,2	4815,7
17	46,4	4731,4	23	61,6	4823,4
18	47,3	4736,4	24	62,2	4826,6
19	48,1	4742,3	25	62,8	4830,7
20	52,4	4766,8	26	69,0	4869,4
21	59,8	4813,5			

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 5, aus 6 bis 10, aus 11 bis 15; und aus den Combinationen 16 und 21, 17 und 22, 18 und 23, 19 und 24, 20 und 25, und 20 und 26, so erhält man für das scheinbare Volum des Holzgeists im Dilatometer D die Formel:

$$V = 4684,4 + 5,3440 t - 0,003359 t^2 + 0,00014617 t^3$$

oder das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$V = 1 + 0,0011408 t - 0,00000071703 t^2 + 0,000000031203 t^3$$

(Lgg. 0,05721 — 3 0,85555 — 7 0,49419 — 8).

Die Resultate dieser Formel sind, in gleicher Weise wie oben mit den Beobachtungen verglichen:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beobacht.	berechn.			beobacht.	berechn.
1	0°,0	1,00019	1,00000	9	27°,7	1,03181	1,03177
2	3,3	1,00380	1,00375	10	31,0	1,03585	1,03580
3	7,0	1,00790	1,00796	11	36,5	1,04203	1,04200
4	13,4	1,01507	1,01524	12	39,7	1,04626	1,04611
5	14,6	1,01654	1,01660	13	40,3	1,04690	1,04680
6	19,5	1,02207	1,02221	14	43,4	1,05093	1,05077
7	23,0	1,02613	1,02624	15	45,4	1,05320	1,05300
8	26,7	1,03053	1,03054				

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.		bei	wie	zu	
				beobacht.	berechn.
16 (—)	und 21 (—)	44°,0 und 59°,8	1,05146	1,07258	1,07233
17 (—)	- 22 (—)	46,4 - 60,2	1,05451	1,07300	1,07289
18 (+)	- 23 (+)	47,3 - 61,6	1,05560	1,07483	1,07484
19 (—)	- 24 (+)	48,1 - 62,2	1,05608	1,07540	1,07570
20 (+)	- 25 (+)	52,4 - 62,8	1,06730	1,07654	1,07634
20 (+)	- 26 (+)	52,4 - 69,0	1,06730	1,08516	1,08555

44) Die Formel 1) giebt, corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers E , für das wahre Volum des Holzgeists die Formel:

$$V = 1 + 0,00114491 t + 0,00000012992 t^2 + 0,000000024346 t^3 \quad (I)$$

(Lgg. 0,05878 — 3 0,11368 — 7 0,38643 — 8)

und die Formel 2), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers D :

$$V = 1 + 0,0011638 t - 0,00000069084 t^2 + 0,000000031187 t^3 \quad (II)$$

(Lgg. 0,06588 — 3 0,83938 — 7 0,49898 — 8).

Das Mittel aus beiden ist:

$$V = 1 + 0,00115435 t - 0,00000028046 t^2 + 0,000000027766 t^3 \quad (III)$$

(Lgg. 0,06234 — 3 0,44787 — 7 0,44352 — 8)

Folgende Tabelle giebt die Endresultate beider Versuchsreihen und das im Mittel gefundene wahre Volum für den Holzgeist:

Tem- perat.	Wahres Volum.			Tem- perat.	Wahres Volum.		
	I.	II.	III(Mittel)		I.	II.	III (Mitt.).
0	1,00000	1,00000	1,00000	35	1,04127	1,04122	1,04124
5	1,00572	1,00580	1,00576	40	1,04757	1,04745	1,04751
10	1,01148	1,01160	1,01154	45	1,05400	1,05381	1,05391
15	1,01728	1,01741	1,01734	50	1,06061	1,06036	1,06049
20	1,02314	1,02325	1,02319	55	1,06741	1,06711	1,06726
25	1,02908	1,02916	1,02912	60	1,07443	1,07408	1,07425
30	1,03513	1,03513	1,03513	65	1,08166	1,08129	1,08147

Die zwei, mit ganz verschiedenen Apparaten ausgeführten Versuchsreihen geben also sehr genügend übereinstimmende Resultate. Aber die Ausdehnung, welche ich für den Holzgeist gefunden habe, weicht bedeutend von derjenigen ab, wie sie Pierre ermittelt hat. 1 Volum bei 0° erfüllt nämlich

	bei 35°	bei 65°
nach meiner Formel III	1,04124	1,08147
nach Pierre's Formel 1)	1,04380	1,08617.

Die Differenz beider Bestimmungen entspricht in der Nähe des Siedepunkts des Holzgeistes 3°,2 Temperaturdifferenz, d. h. 1 Volum bei 0° erfüllt nach Pierre's Formel bei 65° den Raum, welchen es nach meiner Formel III bei 68°,2 erfüllt.

45) Das specifische Gewicht des Holzgeistes fand ich:
mit App. I 0,80306 für 16°,9
- - II 0,80308 - -

Im Mittel 0,80307 für 16°,9, d. i. reducirt: 0,81796 für 0°.

Frühere Bestimmungen des specifischen Gewichts des Holzgeistes sind:

Dumas u. Péligot: 0,798 für 20°; d. i. reduc.: 0,8155 für 0°
Deville: 0,807 - 9 ; - - 0,8153 - -
Kopp (früher) 0,7938 - 25 ; - - 0,8147 - -
Pierre 0,8207 - 0 ; - - 0,8207 - -

1) *Annal. de chim. et de phys.*, 3me Serie, T. XV, p. 358. Sie ist:

$$V = 1 + 0,001185569707407 t + 0,000001564932615 t^2$$

$$+ 0,000000009111344 t^3.$$

Am vergleichbarsten unter diesen Bestimmungen sind von Pierre und meine neuere. Sie differiren um 0,3 Pr

Nach meiner neueren Bestimmung des spec. Gewic und der Ausdehnung ist das spec. Volum des Holzgeists bei 0° 39,122 (für A. G. H=1) od. 489,03 (für A. G. O=10 bei 65°, 5 42,338 - - - - - 529,22 - - - - -

Alkohol (Weingeist, Aethyloxydhydrat; $C_2H_5O_2$).

46) Käuflichen, sogenannten absoluten Alkohol liess ich mit frischgeschmolzenem Chlorcalcium mehrere Tage hindurch zusammenstehen, und destillirte dann im Wasserbade sehr wenig davon ab. Das Destillat wurde als „Alkohol A“ bezeichnet; 0,355 desselben gaben mir bei der Analyse 0,667 Kohlensäure und 0,416 Wasser, d. i.:

	Gefunden.	Berechnet nach $C_2H_5O_2$.
Kohlenstoff	51,24	52,17
Wasserstoff	13,02	13,04
Sauerstoff	35,74	34,79.

Bei der Siedepunktsbestimmung, (corr.) B.St. 742^{mm},7, zeigte Thermometer 6

		corr. für die Scale.	Reduc. auf 760 ^{mm} B.St.
mit der Kugel in der Flüssigkeit (unter Stößen und zitternd)	78,1 bis 78,5	78,4 bis 78,8	79,0 bis 79,4
mit der Kugel im Dampf, sehr constant	77,5	77,8	78°,4.

47) Die Ausdehnung dieses Alkohols wurde in Einer Versuchsreihe, mittelst Thermometer 9 und Dilatometer D, bestimmt.

No.	Temp.	Scheinb. Volum	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
1	0°,0	4683,3	5	14°,7	4752,9
2	7,0	4716,0	6	18,1	4769,8
3	8,4	4722,8	7	20,9	4784,5
4	11,5	4737,5	8	23,2	4795,9

No.	Temp.	Scheinb. Volum.		No.	Temp.	Scheinb. Volum.	
9	24°,6	4802,9		13	40°,8	4887,7	+
10	34,5	4855,1	—	14	43,0	4901,7	—
11	35,7	4861,2	—	15	44,3	4907,6	+
12	39,5	4881,3	+	16	50,3	4942,1	+

Mit einer kleineren Quantität Alkohol wurde weiter beobachtet:

No.	Temp.	Scheinb. Volum.		No.	Temp.	Scheinb. Volum.	
17	47°,8	4700,8	—	25	68°,8	4822,0	—
18	48,2	4703,3	—	26	70,5	4831,2	+
19	50,1	4713,9	—	27	74,1	4854,7	—
20	51,9	4722,8	+	28	76,1	4866,1	+
21	53,1	4728,7	+	29	77,0	4873,2	—
22	55,8	4744,0	+	30	79,3	4887,2	+
23	59,0	4763,5	—				
24	61,0	4774,1	+				

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 5, aus 6 bis 10, aus 11 bis 16, und aus den Combinationen 17 und 25, 18 und 27, 19 und 29, 20 und 24, 21 und 26, 22 und 28, 23 und 29, und 24 und 30, so findet man für das scheinbare Volum des Alkohols A im Dilatometer D die Formel:

$$v = 4682,9 + 4,7089 t + 0,0052775 t^2 + 0,000069272 t^3$$

oder das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00100556 t + 0,0000011270 t^2 + 0,000000014793 t^3 \quad (A)$$

(Lgg. 0,00241 — 3 0,05192 — 6 0,17005 — 8).

Die Resultate dieser Formel, in gleicher Weise wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beob.	berechn.			beob.	berechn.
1	0°,0	1,00009	1,00000	9	24°,6	1,02563	1,02564
2	7,0	1,00707	1,00711	10	34,5	1,03677	— 1,03664
3	8,4	1,00852	1,00854	11	35,7	1,03807	— 1,03801
4	11,5	1,01166	1,01173	12	39,5	1,04237	— 1,04239
5	14,7	1,01495	1,01507	13	40,8	1,04373	— 1,04391
6	18,1	1,01856	1,01865	14	43,0	1,04672	— 1,04651
7	20,9	1,02170	1,02164	15	44,3	1,04798	— 1,04805
8	23,2	1,02413	1,02413	16	50,3	1,05535	— 1,05531

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.		bei	wie	zu	
				beobacht	berechn.
17 (—)	und 25 (—)	47°,8 und 68°,8	1,05226	1,07939	1,07933
18 (—)	- 27 (—)	48,2 - 74,1	1,05275	1,08664	1,08672
19 (—)	- 29 (—)	50,1 - 77,0	1,05507	1,09072	1,09086
20 (+)	- 24 (+)	51,9 - 61,0	1,05730	1,06878	1,06880
21 (+)	- 26 (+)	53,1 - 70,5	1,05878	1,08173	1,08167
22 (+)	- 28 (+)	55,8 - 76,1	1,06219	1,08953	1,08957
23 (—)	- 29 (—)	59,0 - 77,0	1,06629	1,09085	1,09086
24 (+)	- 30 (+)	61,0 - 79,3	1,06889	1,09421	1,09421

48) Der im vorstehenden untersuchte Alkohol *A* schien nach der Analyse noch etwas Wasser zu enthalten; um ganz wasserfreien darzustellen, wurde wiederum käuflicher sogenannter absoluter Alkohol mit frisch geschmolzenem Chlorcalcium digerirt, und dann in einem Kolben destillirt, dessen langer Hals nahe an den Bauch des Kolbens verengt, hier mit etwas Drahtgeflecht lose verschlossen und mit Stücken von frisch geschmolzenem Chlorcalcium gefüllt war. Ueber diese mußten die Dämpfe des Alkohols hinstreichen (es wird auch viel von ihnen zurückgehalten). Das Destillat wurde als Alkohol *B* bezeichnet; 0,2559 desselben gaben mir bei der Analyse 0,4843 Kohlensäure und 0,3018 Wasser. Das ist:

	Gefunden.	Berechnet nach $C_4H_6O_2$.
Kohlenstoff	51,62	52,17
Wasserstoff	13,10	13,04
Sauerstoff	35,28	34,79.

49) Bei der Siedepunktsbestimmung, (corr.) B.St. 748^{mm},0, zeigte das Thermometer 6

	Corr. f. d. Scale.		Reduc. auf 760 ^{mm} B.St.
mit der Kugel in der Flüssigkeit, zitternd, manchmal selbst hüpfend	78°,1 bis 78,5	78,4 bis 78,8	78,8 bis 79,2
mit der Kugel im Dampf, nahe eine Viertelstunde lang ganz constant	77,7	78,0	78,4

Nach dieser Beobachtung (deren Endresultat ganz mit dem an Alkohol *A* erlangten übereinstimmt) ist der Siede-

punkt des Alkohols für 760 Mm. B.St. also $78^{\circ},4$. — Frühere Beobachtungen, die ich wieder auf 760 Mm. B.St. reducire (bei allen befand sich die Thermometerkugel in der Flüssigkeit), ergaben:

		(uncorr.) B.St.	Reducirt.
Dumas und Boullay	76°	745 Mm.	$76^{\circ},6$
Gay-Lussac	$78^{\circ},4$	760	$78^{\circ},4$
Pierre	$78^{\circ},3$	758	$78^{\circ},4$
Yelin	$77^{\circ},3$	722	$78^{\circ},7$
Kopp (früher)	$78^{\circ},8$	752	$79^{\circ},1$

Keine dieser Beobachtungen ist, meines Wissens, für die herausragende Thermometerröhre corrigirt.

50) Die Ausdehnung des Alkohols *B* untersuchte ich in zwei Versuchsreihen.

Erste Versuchsreihe. Thermometer 2 und Dilatometer *D*:

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.	
1	$0^{\circ},0$	4687,8	9	$26^{\circ},2$	4816,7	
2	$5^{\circ},3$	4713,1	10	$32^{\circ},0$	4845,9	—
3	$7^{\circ},1$	4721,8	11	$36^{\circ},1$	4867,9	—
4	$12^{\circ},8$	4749,2	12	$38^{\circ},5$	4880,4	+
5	$15^{\circ},1$	4760,7	13	$40^{\circ},8$	4892,9	+
6	$18^{\circ},3$	4776,3	14	$43^{\circ},4$	4908,1	—
7	$20^{\circ},6$	4787,9	15	$44^{\circ},9$	4915,2	+
8	$23^{\circ},3$	4801,8	16	$47^{\circ},9$	4932,8	+

Mit einer kleineren Quantität Alkohol wurde weiter beobachtet:

17	$45^{\circ},9$	4703,7	—	25	$62^{\circ},8$	4800,2	—
18	$46^{\circ},9$	4710,5	—	26	$69^{\circ},7$	4840,1	+
19	$47^{\circ},4$	4712,7	+	27	$75^{\circ},0$	4874,8	—
20	$48^{\circ},8$	4718,7	—	28	$77^{\circ},6$	4890,0	+
21	$52^{\circ},2$	4737,5	+	29	$79^{\circ},8$	4904,5	+
22	$55^{\circ},4$	4756,9	—				
23	$56^{\circ},9$	4764,2	+				
24	$61^{\circ},6$	4792,8	—				

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 5, aus 6 bis 10, aus 11 bis 16, und aus den Combinationen 17 und 24, 18 und 24, 19 und 23, 20 und 25, 21 und 26, 22 und 27, 23

und 28, und 23 und 29, so findet man für das scheinbare Volum des Alkohols B im Dilatometer D die Formel

$$V = 4687,8 + 4,7581 t + 0,0031000 t^2 + 0,000088912 t^3$$

oder das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00101498 t + 0,00000066129 t^2 + 0,000000018973 t^3 \quad (Lgg. \quad 0,00646 - 3 \quad 0,82039 - 7 \quad 0,27814 - 8).$$

Die Resultate dieser Formel, in gleicher Weise wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beob.	berechn.			beob.	berechn.
1	0°,0	1,00000	1,00000	9	26°,2	1,02750	1,02738
2	5°,3	1,00540	1,00546	10	32°,0	1,03373	1,03378
3	7°,1	1,00725	1,00725	11	36°,1	1,03842	1,03839
4	12°,8	1,01310	1,01314	12	38°,5	1,04108	1,04114
5	15°,1	1,01555	1,01555	13	40°,8	1,04375	1,04389
6	18°,3	1,01888	1,01891	14	43°,4	1,04699	1,04685
7	20°,6	1,02135	1,02136	15	44°,9	1,04853	1,04862
8	23°,3	1,02432	1,02424	16	47°,9	1,05226	1,05223

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.	bei	wie	zu	
			beobacht.	berechn.
17 (—) und 24 (—)	45°,9 und 61°,6	1,04981	1,06970	1,06946
18 (—) - 24 (—)	46°,9 - 61°,6	1,05101	1,06937	1,06946
19 (+) - 23 (+)	47°,4 - 56°,9	1,05162	1,06311	1,06339
20 (—) - 25 (—)	48°,8 - 62°,8	1,05330	1,07149	1,07105
21 (+) - 26 (+)	52°,2 - 69°,7	1,05748	1,08038	1,08037
22 (—) - 27 (—)	55°,4 - 75°,0	1,06149	1,08780	1,08784
23 (+) - 28 (+)	56°,9 - 77°,6	1,06339	1,09147	1,09159
23 (+) - 29 (+)	56°,9 - 79°,8	1,06339	1,09471	1,09484

51) *Zweite Versuchsreihe.* Thermometer 9 und Dilatometer E :

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
1	0°,0	4683,8	9	26°,0	4811,9
2	5°,5	4709,5	10	32°,7	4847,4
3	7°,3	4718,0	11	36°,9	4869,8
4	12°,9	4745,1	12	38°,6	4877,9
5	15°,2	4756,7	13	41°,0	4892,1
6	18°,2	4771,8	14	43°,0	4901,8
7	20°,4	4783,3	15	45°,4	4915,9
8	23°,2	4797,0			

Mit einer kleineren Quantität Alkohol wurde weiter beobachtet:

No.	Temp.	Scheinb. Volum.		No.	Temp.	Scheinb. Volum.	
16	46°,5	4707,2	—	24	65°,5	4813,9	+
17	47°,0	4710,6	—	25	66°,9	4824,6	—
18	51°,3	4731,7	+	26	68°,1	4830,0	+
19	52°,3	4739,3	—	27	74°,4	4872,1	—
20	52°,9	4740,9	+	28	76°,0	4879,4	+
21	55°,6	4758,1	—				
22	57°,7	4769,8	—				
23	58°,7	4774,8	+				

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 5, aus 6 bis 10, aus 11 bis 15, und aus den Combinationen 16 und 21, 17 und 22, 18 und 24, 19 und 25, 20 und 26, 21 und 27, 23 und 28, und 23 und 28 (letztere doppelt, um gleichviel Combinationen aus Maximum- und Minimum-Beobachtungen zusammenzubringen), so findet man für das scheinbare Volum des Alkohols B im Dilatometer E den Ausdruck:

$$B = 4682,6 + 4,8515 t + 0,002304 t^2 + 0,000089142 t^3$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00103440 t + 0,00000049204 t^2 + 0,000000019035 t^3 \quad (B_{II})$$

(Lsg. 0,01469—3 0,60200—7 0,27956—8)

Die Resultate dieser Formel, in gleicher Weise wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beob.	berechn.			beob.	berechn.
1	0°,0	1,00026	1,00000	9	26°,0	1,02761	1,02755
2	5°,5	1,00574	1,00570	10	32°,7	1,03519	1,03503
3	7°,3	1,00756	1,00759	11	36°,9	1,03998	1,03980
4	12°,9	1,01335	1,01346	12	38°,6	1,04171	1,04175
5	15°,2	1,01582	1,01588	13	41°,0	1,04474	1,04455
6	18°,2	1,01905	1,01910	14	43°,0	1,04681	1,04690
7	20°,4	1,02151	1,02146	15	45°,4	1,04982	1,04975
8	23°,2	1,02443	1,02450				

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.		bei	wie	zu	
				beobacht	berech
16 (—) und 21 (—)		46°,5 und 55°,6	1,05107	1,06244	1,0623
17 (—) - 22 (—)		47,0 - 57,7	1,05169	1,06491	1,0649
18 (+) - 24 (+)		51,3 - 65,5	1,05693	1,07529	1,0752
19 (—) - 25 (—)		52,3 - 66,9	1,05817	1,07722	1,0771
20 (+) - 26 (+)		52,9 - 68,1	1,05892	1,07882	1,0787
21 (—) - 27 (—)		55,6 - 74,4	1,06230	1,08775	1,0875
21 (+) - 28 (+)		58,7 - 76,0	3,06627	1,08963	1,0898

52) Die Formel A giebt, corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers D , für das wahre Volum des Alkohols A die Formel:

$$V = 1 + 0,00102853 t + 0,0000011501 t^2 + 0,000000014819 t^3 \quad (I)$$

(Lgg. 0,01222 — 3 0,06074 — 6 0,17082 — 8).

Die Formel B_I , corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers D , für das wahre Volum des Alkohols B :

$$V = 1 + 0,00103795 t + 0,00000068461 t^2 + 0,000000018988 t^3 \quad (II_1)$$

(Lgg. 0,01618 — 3 0,83545 — 7 0,27848 — 8)

und eben so die Formel B_{II} , corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers E :

$$V = 1 + 0,00105768 t + 0,00000051612 t^2 + 0,000000019046 t^3 \quad (II_2)$$

(Lgg. 0,02436 — 3 0,71275 — 7 0,27980 — 8).

Diese Formeln ergeben (siehe die folgende Tabelle) die Ausdehnung für den Alkohol A und für den Alkohol B ganz gleich, so daß man aus ihnen das Mittel nehmen kann; es ist:

$$V = 1 + 0,00104139 t + 0,0000007836 t^2 + 0,000000017618 t^3 \quad (III)$$

(Lgg. 0,01761 — 3 0,89409 — 7 0,24596 — 8).

Folgende Tabelle ergibt die Endresultate der drei Versuchsreihen, und das aus ihnen im Mittel folgende wahre Volum für den Alkohol:

	W a h r e s V o l u m.			
	I.	II ₁ .	II ₂ .	III. (Mittel)
0	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
5	1,00517	1,00521	1,00530	1,00523
10	1,01043	1,01047	1,01065	1,01052
15	1,01574	1,01578	1,01604	1,01585

	W a h r e s V o l u m.			
	I.	II ₁ .	II ₂ .	III. (Mittel.)
20	1,02115	1,02118	1,02151	1,02128
25	1,02666	1,02668	1,02706	1,02680
30	1,03229	1,03227	1,03270	1,03242
35	1,03805	1,03798	1,03847	1,03817
40	1,04393	1,04384	1,04436	1,04404
45	1,04996	1,04983	1,05039	1,05006
50	1,05616	1,05598	1,05655	1,05623
55	1,06252	1,06229	1,06290	1,06257
60	1,06905	1,06884	1,06943	1,06910
65	1,07578	1,07557	1,07616	1,07584
70	1,08271	1,08252	1,08310	1,08278
75	1,08986	1,08971	1,09027	1,08994
80	1,09723	1,09714	1,09767	1,09735

Frühere Bestimmungen der Ausdehnung des absoluten Alkohols, welche den hier mitgetheilten vergleichbar sind, rühren her von Muncke und von Pierre. 1 Volum Alkohol bei 0° erfüllt

	bei 35°	bei 75°
nach meiner Formel III	1,03817	1,08994
nach Pierre's Formel ¹⁾	1,03890	1,08907
nach Muncke's Formel ²⁾	1,03849	1,08538.

Pierre's Resultate stimmen hiernach mit den meinigen sehr genügend überein; Muncke's hingegen differiren nahe bei dem Siedpunkte von den beiden andern bedeutend. Muncke's Formel ist aus Beobachtungen zwischen — 15° und + 65° abgeleitet; sie giebt die Ausdehnung für höhere Temperaturen offenbar unrichtig an, denn die durch sie ausgedrückte Curve hat bei etwa 55° einen Wendepunkt, und ist für höhere Temperaturen gegen die Abscissenlinie concav. (Ich gebe den Wendepunkt nur annähernd, wie er aus der am angeführten Orte mitgetheilten Tabelle von Muncke folgt, da eine genauere Ermittlung unnöthig ist.)

53) Das specifische Gewicht des Alkohols A fand ich

1) Pierre am angeführten Orte, S. 354; seine Formel ist:

$$V = 1 + 0,001048630106063t + 0,000001750990620t^2 + 0,000000001345183t^3.$$

2) Muncke in Gehler's Wörterbuch, Bd. 10, S. 923; seine Formel ist

$$V = 1 + 0,0010151148t + 0,0000030884t^2 - 0,0000000192458t^3.$$

mit App. I 0,79906 bei 14°,8

- - II 0,79895 - -

Im Mittel 0,79900 bei 14°,8; d. i. reducirt: 0,81087 bei 0

Das specifische Gewicht des Alkohols *B* fand ich

mit App. I 0,79822 bei 14°,0

- - II 0,79820 - -

Im Mittel 0,79821 bei 14°,0; d. i. reducirt: 0,80950 bei 0

Diese letztere Bestimmung betrachte ich auf Grund d. Analyse als die richtigere, und lege sie der unten folgenden Bestimmung des specifischen Volums zu Grund.

Frühere Bestimmungen des specifischen Gewichts des Alkohols sind ¹⁾:

Muncke	0,8062 bei 0°; d. i. reduc.: 0,8063 bei 0°
Meissner	0,791 - 20 ; - - - 0,8066 - -
Dumas u. Boullay	0,7925 - 18 ; - - - 0,8067 - -
Gay-Lussac	0,79235 - 17,9; - - - 0,8075 - -
Kopp (früher)	0,7996 - 15 ; d. i. - 0,8117 - -
Pierre	0,8151 - 0 ; - - - 0,8151 - -

Der Alkohol, dessen specifisches Gewicht ich früher bestimmte, war durch Digestion von käuflichem sogenannten absoluten Alkohol mit Chlorcalcium und Rectification bereitet worden; ich hatte keine Analyse desselben gemacht. Die neuere, vom Alkohol *B* erlangte Bestimmung muß ich für zuverlässiger halten. Sie stimmt mit den Resultaten der meisten früheren Beobachter gut überein; Pierre's Angabe weicht mehr von diesen ab, sie differirt von Muncke's, Meissner's, Dumas's und Boullay's Bestimmungen um etwa 1 Procent.

Nach meiner neueren Bestimmung des spec. Gewichts und der Ausdehnung ist das spec. Vol. des Alkohols
bei 0° 56,825 (für A. G. H=1) od. 710,32 (für A. G. O=100)
bei 78°,4 62,222 - - - - - 777,77 - - - -

(Schluß im nächsten Heft.)

1) Die Angaben von Muncke und von Gay-Lussac beziehen sich auf Wasser von der Temperatur des Dichtigkeitsmaximums als Einheit.

II. *Fortgesetzte magnetische Versuche;* *von Paul Wolfgang Haecker in Nürnberg.*

Die Gleichung für die Anziehungskraft der magnetischen Masse und für die Tragkraft der Magnete, welche ich in einer früheren Abhandlung in dieser Zeitschrift ¹⁾ mittheilte, nämlich:

$$z = a \cdot \sqrt[3]{p^2} \dots \dots \dots (I)$$

wo z die Tragkraft der Magnete, p die Masse und a die Tragkraft der Gewichtseinheit bedeutet, ist allgemein. Aus diesem Grunde ist die von mir angegebene Gleichung für die Schwingungsdauer, nämlich:

$$t = c \cdot \sqrt[3]{p} \cdot \sqrt[6]{l} \dots \dots \dots (II)$$

wo t die Schwingungsdauer, p die Masse, l die Länge und c die Schwingungsdauer eines Magnetstabes von der Gewichts- und Längeneinheit bedeutet, und welche hier ein baierisches Loth und ein französischer Zoll ist, nicht allgemein.

Man kann aber obige Gleichung (II) auf eine andere Form bringen, wenn man statt der Masse das Volumen setzt, wodurch man erhält:

$$t = c \cdot \sqrt[3]{l} \cdot \sqrt[3]{w} \dots \dots \dots (III)$$

wo t die Schwingungsdauer, l die Länge, w den Querschnitt und c die Schwingungsdauer eines Cubus von der Volumeneinheit bedeutet, aus welcher Gleichung sich die Abhängigkeit der Schwingungsdauer vom Querschnitt leichter erkennen läßt. Da aber diese Gleichung nur innerhalb gewisser Gränzen richtige Werthe giebt, so wurden, um zur Kenntniß dieser Gränzen zu gelangen, folgende Versuche angestellt. Es wurde untersucht, welchen Einfluß die Vergrößerung der Querschnitte bei unveränderter Länge auf die Schwingungsdauer ausübt, und um ein ganz allgemeines Resultat zu erhalten, so wurde die Form des Cubus gewählt.

1) Annalen, Bd. 57, S. 321 und Bd. 62, S. 366.

Zu diesem Zwecke wurden 37 Platten, im Gewicht $30\frac{3}{4}$ Loth, magnetisirt. Die Länge und Breite derselben war 22 Linien; sie bildeten daher ein Quadrat, und waren von ziemlich gleicher Dicke. Die mittlere Schwingungsdauer der einzelnen Platten war, wenn man sie auf Kante stellte, 2,66 Secunden, liefs man sie aber der Faden nach schwingen, 3,76 Secunden, es verhält sich daher die erstere Schwingungsdauer zu der letzteren, wenn b die Breite bezeichnet, wie l zu $\sqrt{l^2 + b^2}$. Die Schwingungsdauer der einzelnen Platten variierte von $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{4}$ Secunde. Als nun diese 37 Platten aufeinandergelegt und fest zusammengebunden waren, so erhielt ich einen magnetischen Körper, welcher 22 Linien lang, 22 Linien breit und 16 Linien dick war. Meiner Absicht nach sollte er eigentlich ein Cubus werden; allein von den 49 Platten, welche ich dazu bestimmte, mußten 12 Stück wegen ungeeigneter Qualität weggelassen werden. Denn haben die Platten Stellen von ungleicher materieller Beschaffenheit, oder sind sie zu weich, so verrücken sich im ersten Fall ihre Pole, im zweiten werden dieselben sogar umgekehrt, ihre Kräfte werden daher negativ, und der Versuch wird dadurch ganz unbrauchbar. Die Schwingungsdauer sämmtlich aufeinandergelegter Platten war

14,15 Secunden.

Multipliziert man nun die Schwingungsdauer von 3,76 Secunden mit der Cubikwurzel von 37, so erhält man eine Schwingungsdauer von

12,50 Secunden,

welche von der gefundenen nur um 1,65 Secunden abweicht. Nimmt man hierbei darauf Bedacht, daß durch das Aufeinanderlegen so vieler Platten viele Zwischenräume entstehen, daß sie einen größeren Raum einnehmen als eine compacte Masse, berücksichtigt man, daß die Kräfte dieser Platten nicht vollkommen gleich waren, so wie die stärkere Torsion des Fadens, so ist mit vieler Wahrscheinlichkeit dieser geringe Unterschied nur dem Einfluß dieser Umstände

stände zuzuschreiben, und man sieht, daß die angegebene Gleichung für den Cubus ihren richtigen Werth giebt.

Es wurde nun untersucht, welchen Einfluß bei ein und derselben Masse die Verminderung der Querschnitte oder die Vergrößerung der Länge ausübe, wenn diese Dimensionen die gewöhnlichen Gränzen überschreiten. Zu diesem Endzwecke wurden vier Magnetstäbe von verschiedener Länge, alle von einerlei Gewicht, jeder $8\frac{1}{2}$ Loth schwer, verfertigt, nämlich:

	Länge.	Schwingungsdauer.	Tragkraft.	$\log c$.
No. 1.	6 Zoll	7,50	64 Loth	0,435
- 2.	12 -	8,32	64 -	0,432
- 3.	18 -	11,35	64 -	0,536
- 4.	18 -	11,10	64 -	0,526.

Die Tragkraft dieser Stäbe ist nur diejenige an einem Pole. Aus dieser Versuchsreihe ergiebt sich, daß alle Stäbe gleiche Tragkraft, mithin gleiche magnetische Anziehungskraft besitzen, bis auf den geringen Unterschied von 0,25 Secunden, welcher in der Schwingungsdauer zwischen No. 3 und 4 stattfindet, der aber bei geraden Stäben in der Tragkraft nicht mit Sicherheit aufgefunden werden kann. Bei den zwei ersten Stäben stimmen die Werthe von $\log c$ gut mit einander überein, bei den zwei letzteren nimmt aber der Werth von $\log c$ auffallend zu. Da ich deswegen bei No. 3 einen Fehler vermuthete, so wurde No. 4 verfertigt, aber $\log c$ änderte sich nur unbedeutend, und da alle diese Stäbe mit der größten Sorgfalt und Aufmerksamkeit gemacht wurden, so konnte ich mit ziemlicher Gewissheit schließen, daß bei den zwei letzteren der Querschnitt zu klein oder ihre Länge zu groß war. Nun wurde ein Magnetstab, No. 5 von 33 Zoll Länge und 41 Loth Gewicht, verfertigt.

Die Schwingungsdauer desselben betrug:

19,88 Secunden, daher $\log c = 0,507$;

allein die Schwingungsdauer desselben hätte bei $\log c = 0,432$
16,70 Secunden

betragen sollen, und $\log c$ ist hier abermals viel zu groß, obgleich dieser Stab beinahe fünf Mal schwerer, und ganz zwei Mal so lang war wie No. 3 und 4. Da seine Schwingungsdauer durch kein Mittel mehr vermindert werden konnte, so wurde er in zwei ungleiche Theile trennt, ohne daß er jedoch dabei in's Feuer gekommen wäre, weil sich sonst nichts mit Gewißheit hätte ermitteln lassen, dadurch erhielt ich zwei Stäbe:

	Länge.	Gewicht.	Schwingungsdauer.	$\log c$.
No. 6.	25 $\frac{3}{4}$ Zoll	31 $\frac{3}{4}$ Loth	15,22 Sec.	0,447
- 7.	7 $\frac{1}{4}$ -	9 $\frac{1}{4}$ -	7,87 -	0,429.

Durch diese Operation wurde bei No. 6 eine große Verminderung in dem Werth von $\log c$ erhalten, und zugleich ein Anhaltspunkt zur Bestimmung der Masse eines längeren Magnetstabes gewonnen. Es wurde daher ein Magnetstab:

No. 8 von 49 $\frac{3}{4}$ Zoll Länge und 4 $\frac{3}{8}$ Pfund Gewicht, verfertigt.

Die Schwingungsdauer desselben war:

28,27 Secunden;

dieses weicht von der gesetzlichen, wo $\log c = 0,432$ ist, nur 0,97 Secunden ab, und dieser Unterschied kann unberücksichtigt bleiben. Vergleicht man nun die Längen von

- 12 Zoll 25 $\frac{3}{4}$ Zoll 49 $\frac{3}{4}$ Zoll.

mit ihren Massen von 8 $\frac{1}{2}$ Loth 31 $\frac{3}{4}$ Loth 140 Loth, so sieht man, daß wenn der Werth von c bei einer Masse von 8 $\frac{1}{2}$ Loth für den kleinsten Querschnitt oder für die größte Länge ein kleinster bleiben soll, die größte Länge nicht größer als 12 Zoll seyn darf, und soll dieses für jede gegebene Masse der Fall seyn, so müssen von da an die Längen wie die Quadratwurzeln aus den Massen, oder die Massen wie die Quadrate der Längen wachsen oder abnehmen, woraus folgt, daß Länge und Querschnitt in gleichem Verhältniß wachsen oder abnehmen müssen, wodurch also

der Quotient $\frac{l}{w}$ eine beständige Größe ist, welche den

Gränzwert für den kleinsten Querschnitt oder für die größte Länge bezeichnet, wo $t = c \cdot \sqrt[3]{l} \sqrt[3]{w}$ bleibt. Wie genau nun die Constante $\frac{l}{w}$ bestimmt sey, wird sich später aus den Versuchen ergeben. Es bleibt nun zu bestimmen übrig, wie sich die Schwingungsdauer ändert und welche Form die Gleichung erhält, wenn die Länge ihren Gränzwert überschreitet. Diefs kann aber nicht eher geschehen, als bis vorher bekannt ist, wie sich die Schwingungsdauer ändert, wenn die Masse eines Magnetstabes, dessen Länge den Gränzwert erreicht hat, vermindert wird, wenn dabei die Länge immer die nämliche bleibt. Zu diesem Endzwecke wurden nun vier Stäbe von 24 Zoll Länge und von verschiedenem Gewicht verfertigt, nämlich:

	Länge.	Gewicht.	Schwingungsdauer.
No. 9.	24 Zoll	$21\frac{3}{4}$ Loth	14,72 Secunden
- 10.	24 -	$12\frac{3}{8}$ -	15,12 -
- 11.	24 -	7 -	14,92 -
- 12.	24 -	$2\frac{9}{16}$ -	14,68 -

weiter konnte ich mit Verminderung der Masse nicht fortfahren, da so lange und dünne Stäbe wie No. 12, wenn sie vollkommen magnetisirt seyn sollen und ihr Indifferenzpunkt genau in der Mitte liegen soll, schwierig zu verfertigen sind. Die Unterschiede in der Schwingungsdauer dieser vier Stäbe sind so beschaffen, daß sie nicht von Verminderung ihrer Masse, sondern vielmehr von ihrer verschiedenen materiellen Beschaffenheit herzuleiten sind. Nun wurden die zwei Stäbe

No. 9 von $21\frac{3}{4}$ Loth }
 - 10 - $12\frac{3}{8}$ - } $34\frac{1}{8}$ Loth aufeinandergelegt.

So vereinigt, hatten sie eine Schwingungsdauer von
 15,64 Secunden.

Der dünnere dieser Stäbe hatte sich durch das Härten etwas verzogen, so daß sie sich bei dem Aufeinanderlegen nur unvollkommen berührten, welcher Umstand bei so langen und dünnen Stäben die Schwingungsdauer verzögert, daher

die Unterschiede in der Schwingungsdauer zwischen einzelnen und den zwei vereinigten Stäben nur diesem fluss zuzuschreiben sind. Hier ist zu bemerken, daß die Versuche gar nichts beweisen würden, wenn die Stäbe so vollkommen magnetisirt worden wären, daß eine Verstärkung ihrer Kraft nicht mehr möglich war. Wenn man nun vermöge der aufgefundenen Constante berechnet, wieviel ein Stab von 24 Zoll Länge wiegen muß, damit er ein kleinster bleibe, so ergibt sich ein Gewicht von 1 Loth; dieses giebt bei dem Werth von $\log c = 0,432$, welcher bei diesem Materiale gefunden wurde, und wie er auch in der Folge immer angenommen werden wird, eine Schwingungsdauer von 14,86 Secunden, welche der mittleren Schwingungsdauer der vier Stäbe von No. 9 bis 12 gleich ist. Diese Versuche zeigen daher, daß wenn die Länge ihren Gränzwertb erreicht hat, durch Verminderung der Masse bei unveränderter Länge, keine Aenderung in der Schwingungsdauer stattfindet, und daß jede Länge ihre bestimmte kürzeste Schwingungsdauer hat, welche bei dem Gränzwertb eintritt.

Um nun die Gränzwertbe der Längen, welche sich jedoch nach dem Werthe von $\log c$ richten, bei verschiedenen Stäben kennen zu lernen, so füge ich eine kleine Tabelle hier bei. Durch Reduction aus den Gleichungen (I) und (III) erhält man für das Verhältniß der Schwingungsdauer, welches die Stäbe bei ihren Gränzwertben der Länge haben, das einfache Verhältniß:

$$\sqrt[6]{l^3} \text{ zu } \sqrt[6]{L^3}.$$

Tabelle der Gränzwertbe der Längen verschiedener Magnetstäbe.

$$\log c = 0,432.$$

Länge.	Gewicht.	Länge.	Gewicht.
16 Fuß	68 Pfd.	21 Zoll	26 Loth
8 -	17 -	18 -	19 $\frac{1}{8}$ -
7 $\frac{1}{2}$ -	14 - 30 Loth	15 -	13 $\frac{1}{4}$ -
7 -	13 - — -	12 -	8 $\frac{1}{2}$ -

Länge.	Gewicht.	Länge.	Gewicht.
6 $\frac{1}{2}$ Fufs	11 Pfd. 7 Loth	10 Zoll	5 $\frac{9}{10}$ Loth
6 -	9 - 18 -	8 -	3 $\frac{3}{4}$ -
5 $\frac{1}{2}$ -	8 - 1 -	6 -	2 $\frac{1}{8}$ -
5 -	6 - 20 -	4 -	$\frac{9}{10}$ -
4 $\frac{1}{2}$ -	5 - 12 -	3 -	$\frac{1}{2}$ -
4 -	4 - 8 -	2 -	$\frac{1}{4}$ -
3 $\frac{1}{2}$ -	3 - 8 -	1 $\frac{1}{2}$ -	$\frac{1}{8}$ -
3 -	2 - 12 -	1 -	$\frac{1}{16}$ -
2 $\frac{1}{2}$ -	1 - 21 -		
2 -	1 - 2 -		

Bei Stäben also, bei welchen bei unveränderter Länge die gesetzliche Masse vermindert wird, bleibt die Schwingungsdauer ungeändert, und die Gleichungen (II) und (III) erhalten die Form:

$$(IV) \quad t = c \sqrt[3]{p} \sqrt[6]{l} \sqrt[3]{\frac{p_0}{p}} \quad t = c \cdot \sqrt[3]{l} \cdot \sqrt[3]{w} \sqrt[3]{\frac{w_0}{w}} \quad (V)$$

wo die Buchstaben, welche mit 0 bezeichnet sind, die gesetzlichen Werthe, welche der Länge angehören, die übrigen Buchstaben aber das wirkliche Gewicht und den wirklichen Querschnitt des Stabes bezeichnen. Nun kann auch die Gleichung für die Schwingungsdauer angegeben werden, wenn der Stab seine gesetzliche Länge überschreitet. Die Schwingungsdauer ändert sich nämlich von da an um den

den Werth $\sqrt[3]{\frac{w_0}{w}} \cdot \sqrt[3]{\frac{L}{l_0}}$, daher wird die Gleichung:

$$t = c \cdot \sqrt[3]{w_0} \sqrt[3]{l_0} \sqrt[3]{\frac{w_0}{w}} \cdot \sqrt[3]{\frac{L}{l_0}} \quad (VI)$$

wo die Buchstaben, welche mit 0 bezeichnet sind, den gesetzlichen Querschnitt und die gesetzliche Länge, die übrigen Buchstaben aber den wirklichen Querschnitt und die wirkliche Länge des Stabes bezeichnen. Reducirt man obige Gleichung auf die Masse, so erhält man:

$$t = c \cdot \sqrt[3]{p} \cdot \sqrt[6]{l_0} \cdot \sqrt[6]{\frac{L^5}{l_0^5}} \quad (VII)$$

wo p und L das Gewicht und die Länge des Stabes, l_0 aber die gesetzliche Länge, welche dem Gewicht p angehört, bedeuten. Dieses ist daher die Gleichung, wenn der

Stab für seine Masse eine zu grofse Länge hat; wenn die gesetzliche Länge nicht überschritten wird, fällt das

$\sqrt[6]{\frac{L^5}{l_0^5}}$ weg, und man erhält wieder die frühere
 chung (II).

Es bleibt nun zu untersuchen übrig, ob obige 1
 richtig sey, und wie genau die Constante $\frac{l}{w}$ bestimm

wozu die Schwingungsdauer der Stäbe No. 3, 4, 5, 1
 nen soll. Die mittlere Schwingungsdauer der Stäbe
 und 4 war bei einer Länge von 18 Zoll und $8\frac{1}{2}$ Lo
 wicht 11,23 Secunden, die gesetzliche Länge für diese
 ist 12 Zoll, und hiebei ist die Schwingungsdauer 8,32

den, dieselbe mit $\sqrt[6]{\left(\frac{18}{12}\right)^5}$ multiplicirt, giebt eine S
 chwingungsdauer von

11,54 Secunden,

wenn $\log c = 0,432$ ist.

Die Schwingungsdauer des Stabes No. 5 war bei
 Länge von 33 Zoll und 41 Loth Gewicht

19,88 Secunden,

die gesetzliche Länge für diese Masse ist $26\frac{1}{3}$ Zoll
 bei ist die Schwingungsdauer 16,14 Secunden, dies

$\sqrt[6]{\left(\frac{33}{26\frac{1}{3}}\right)^5}$ multiplicirt, giebt eine Schwingungsdaue

19,40 Secunden.

Welche Schwingungsdauer erhält ein Stab von $2\frac{9}{16}$ Lot
 wicht bei einer Länge von 24 Zoll, wenn $\log c = 0,432$

Die gesetzliche Länge für diese Masse ist 6,6 Zoll
 hiebei die Schwingungsdauer gleich 5,06 Sec. $= \log$

hiezuh $\log \sqrt[6]{\left(\frac{24}{6,6}\right)^5}$

\log

giebt eine Schwingungsdauer von 14,83 Secunden. Die
 suche ergaben aber eine Schwingungsdauer von

14,68 Secunden.

No. 13. Ein Stab von $2\frac{1}{8}$ Loth Gewicht und 12 Zoll Länge hatte eine Schwingungsdauer von

8,20 Secunden;

der Stab No. 2 von $8\frac{1}{2}$ Loth Gewicht hatte bei gleicher Länge eine Schwingungsdauer von

8,32 Secunden.

Diese Versuche stimmen mit der Rechnung genauer überein als man erwarten sollte, wenn man dabei Rücksicht nimmt, daß der Werth von $\log c$ in keiner Masse genau derselbe bleibt.

Wir kehren nun zu dem constanten Quotienten $\frac{l}{w}$ zurück. Da dieser eine beständige Gröfse ist, so wird, wenn Länge und Querschnitt in gleichem Verhältniß abnehmen, jeder Stab endlich zu einem Cubus, weil eine Seite des Querschnitts im Verhältniß der Quadratwurzel der Länge abnimmt. Bei meinen Versuchen ist bei dem Stab von $8\frac{1}{2}$ Loth Gewicht und 12 Zoll oder 144 Linien Länge, alles in Linien ausgedrückt $\log l = 2,1583$, $\log w = 1,0624$, daher $\log l - \log w = 1,0959$ gleich der Zahl 12,47. Dieser Quotient drückt aus, daß wenn die Masse bis zu dieser Gränze abnimmt ein kleiner Cubus erhalten werde, dessen eine Seite $\frac{1}{12,47}$ Linie lang und dessen Querschnitt $\frac{1}{155,5}$ Linie groß ist, daher $\frac{12,47}{155,5} = 12,47$. Würde die Masse noch weiter abnehmen, so würde die Länge negativ werden und der Magnet würde transversal schwingen. Man verwandele nun die Schwingungsdauer von 8,32 Secunden, welche der obige Stab von 12 Zoll Länge hat in Quarten, so erhält man 29944 Quarten, und suche wie groß die Schwingungsdauer dieses kleinen Cubus von $\frac{1}{12,47}$ Linie Länge seyn würde nach der Proportion:

$$\sqrt[6]{L^5} : \sqrt[6]{l^5} = 29944 : x,$$

so erhält man eine Schwingungsdauer von 58,14 Quarten.

Nun suche man ferner die Dauer der Pendelschwingung des genannten kleinen Cubus, nehme die Länge des physischen oder des zusammengesetzten Pendels, das, ohne Breite zu besitzen, seiner ganzen Länge nach schwer ist zu 660 Linien an, so giebt dieß eine Schwingungsdauer von 39,69 Quarten; dieß, wegen der Breite mit der Quadratwurzel aus 2 multiplicirt, giebt 56,71 Quarten. Man sieht, daß bei dieser Länge hier die Pendelschwingungen mit den magnetischen Schwingungen zusammenfallen oder gleiche Dauer mit denselben haben. Wenn nun nach dem magnetischen Gesetz die Quadrate der Massen wie die Cubi ihrer magnetischen Kräfte wachsen, so drückt die Constante $\frac{l}{w}$ diejenige GröÙe aus, oder giebt die Gränze an, von welcher dieses Verhältniß der Kräfte in Beziehung auf die Schwingungsdauer seinen Anfang nimmt. Denn würde von da an die Masse noch weiter gesetzlich abnehmen, so würde der Magnet transversal schwingen, die magnetischen Schwingungen würden aber von da an schneller als die Pendelschwingungen bei gleicher Länge erfolgen. Soll nun die Schwingungsdauer der magnetischen Kraft ihrer Masse proportional, oder soll t im Verhältniß zu $\sqrt{l\sqrt[3]{w}}$ bleiben, so darf von der angegebenen Gränze an die Länge nicht stärker als das Quadrat einer Seite oder als die Quadratwurzel der Masse wachsen, und man erkennt daraus, warum der gefundene Gränzwertb stattfinde. Es sey nun die Länge des genannten kleinen Cubus von der Einheit $\frac{l}{w} = \frac{1}{m}$, die Länge des Magnetstabes sey $= l$, sein Querschnitt $= w$, so ist die Länge eines Magnetstabes, welcher von der Einheit in dem gesetzlichen Verhältniß fortgewachsen ist, lm Mal länger, und sein Querschnitt ist wm Mal größer als der Querschnitt der Einheit. Die Schwingungsdauer des genannten kleinen Cubus von $\frac{1}{m}$ Linie Länge sey $= c_0$. Weil nun in dem erwähnten Fall die Länge in eben demselben Verhältniß zur Masse gewachsen ist, als wie die

magnetische Kraft zur Masse, so ist die Gleichung für den Gränzwert der Länge:

$$t = c_0 \sqrt[3]{lm} \cdot \sqrt[6]{lm} \quad ; \quad t = c_0 \sqrt[6]{lm^5},$$

wo c_0 die Pendelschwingungs- oder die magnetische Schwingungsdauer des kleinen Cubus von $\frac{1}{m}$ Linie Länge bedeutet. Daraus kann nun t leicht bestimmt werden, wenn sich die Dimensionen ändern. Wird die Länge bei unveränderter Masse q mal kleiner, so wird der Querschnitt q mal gröfser, und es wird:

$$t = c_0 \sqrt[6]{\frac{lm^5}{q}} \cdot \sqrt[3]{q} \quad t = c_0 \sqrt[6]{\frac{lm^5}{q}},$$

wird aber die Länge q mal gröfser, so wird der Querschnitt q mal kleiner, und weil im Verhältnifs zur Länge der Querschnitt q mal zu klein ist, so wird:

$$t = c_0 \sqrt[6]{lm^5} \cdot \sqrt[3]{q} \cdot \sqrt[3]{q} \quad t = c_0 \sqrt[6]{lm^5} \sqrt[3]{q^5},$$

welche Gleichungen mit den früheren (II), (III), (VI), (VII) gleichbedeutend sind. Bleibt aber die Länge unverändert, und die Masse oder der Querschnitt wird um den Werth von q vermindert, so wird:

$$t = c_0 \sqrt[6]{\frac{lm^5}{q}} \cdot \sqrt[3]{q} \quad t = c_0 \sqrt[6]{lm^5},$$

denn da die Quadrate der Masse abnehmen, wie die Cubi ihrer magnetischen Kräfte, so steht die Intensität der magnetischen Kraft in dem umgekehrten Verhältnifs zur Masse, und die Schwingungsdauer bleibt unverändert. Eben so wenig kann ein Stab, der für seine Länge nicht seine gesetzliche Masse besitzt, durch Vermehrung derselben eher seine Schwingungsdauer ändern, als bis er wieder sein gesetzliches Gewicht erreicht hat. Da nun der Gränzwert der Länge für $\log c = 0,432$ festgesetzt ist, so läfst sich derselbe für jeden andern Werth von $\log c$ leicht ohne weitere Versuche bestimmen. Je kleiner übrigens der Quotient $\frac{l}{w}$ ist, desto gröfser ist die mag-

netische Kraft der Stäbe. Blicke der Werth von c in je dem Stabe ein und derselbe, so würde eine noch grössere Genauigkeit erreicht werden können.

II. Die gleichnamigen Pole zweier Magnete von gleicher Form und gleicher materieller Beschaffenheit stoßen sich in der Entfernung ab. Sind ihre Kräfte ungleich, so stoßen sich wohl in der Entfernung die gleichnamigen Pole ab, bei grösserer Annäherung gelangt man jedoch zu einem Abstand derselben, wo sie sich weder anziehen noch abstoßen, und bei noch grösserer Annäherung ziehen sich dieselben fortwährend an. Es tritt hier also eine Entfernung auf, wo sich die Magnete weder anziehen noch abstoßen. Aber die Lage dieses Punktes, welchen wir als den Indifferenzpunkt zwischen Anziehung und Abstoßung bezeichnen können, hängt nicht allein von dem Unterschied der Kräfte, sondern auch von dem Qualitäts- oder Fähigkeits-Coëfficienten der Magnete ab. Dieses erhellt aus folgenden Versuchen. Es wurde ein Magnet von 14 Loth Gewicht aus einer sehr harten und wilden Stahlart, welche nur wenig Magnetismus annimmt, verfertigt; als derselbe vollständig magnetisirt worden war, so war seine Tragkraft $3\frac{1}{2}$ Pfund. Nun wurde ihm ein anderer Magnet von derselben Form und demselben Gewicht mit einer Tragkraft von $7\frac{1}{2}$ Pfund mit den gleichnamigen Polen genähert, beide Magnete stießen sich sowohl in der Entfernung als bei der Berührung ab. Als nun die Tragkraft derjenigen von $7\frac{1}{2}$ Pfund bis auf 4 Pfund vermindert wurde, so stießen sich die Magnete in der Entfernung ab; bei grosser Annäherung zogen sich jedoch die gleichnamigen Pole an. Nun wurden ferner zwei Magnete in Hufeisenform, jeder 43 Loth schwer, verfertigt. Die Tragkraft des einen war $15\frac{3}{4}$ Pfund, die Tragkraft des andern 15 Pfund; in diesem Zustand fand bei der Berührung mit den gleichnamigen Polen eine ganz kleine Anziehung statt. Nun suchte ich die Kräfte dieser beiden Magnete in ein vollkommenes Gleichgewicht zu bringen, welches jedoch nicht so geschwind von Statten gehen wollte; als mir dies endlich gelungen war, so stießen sich

die gleichnamigen Pole beider Magnete in jeder, auch in der kleinsten Entfernung ab, und der Indifferenzpunkt fiel in die Berührungsstelle zwischen beiden. Es ist wichtig, daß die Lage des Indifferenzpunktes zwischen Anziehung und Abstossung nicht von den Kräften allein, sondern auch von der individuellen Beschaffenheit der magnetischen Körper abhängt, was zu Untersuchungen von großer Bedeutung Veranlassung giebt.

III. Um zu erfahren, wie weit sich die Wirkungen der magnetischen Kraft erstrecken, um noch gemessen werden zu können, wurden in der hiesigen Katharinenkirche folgende Versuche von mir angestellt. Es wurde der Magnetstab No. 2, von 12 Zoll Länge, mit einem Spiegelhalter versehen, und in einem bedeckten Kasten, welcher mit einem Glasfenster versehen war, aufgehängt. In einer Entfernung von 45 Fufs vom Mittelpunkt des Magnetstabes wurde ein Theodolith mit 40maliger Vergrößerung, nebst der Scala, welche in Pariser Viertelzoll getheilt war, aufgestellt. Nun wurde der Stab No. 8, von $49\frac{3}{4}$ Zoll Länge, weil es das Local nicht anders erlaubte, gegen Osten so gelegt, daß der Nordpol des Stabes in dem Kasten auf seine Mitte gerichtet war. Nachdem die Pole des Stabes No. 8 mehrmal gewechselt, die Ablenkungen rechts und links vom Nullpunkt abgelesen, ihr Werth halbt und aus mehreren Versuchen das Mittel genommen war, erhielt ich folgende Ablenkungen, bei

30 Fufs Entfernung	171 Secunden
40 - -	72 -
66 - -	16 -

nach diesem begab ich mich aufserhalb der Kirche, legte aber den Stab nun so, daß sein Pol auf das Centrum des Stabes im Kasten gerichtet war, wodurch eine doppelt so starke Ablenkung als in der früheren Richtung erhalten war, die Ablenkung war

bei 100 Fufs Entfernung 10 Secunden;
man sieht daraus, daß die Ablenkungen den Cuben ihrer

Entfernungen proportional sind, und mit den **Gauß'schen** Beobachtungen vollkommen übereinstimmen.

Nürnberg, den 8. Mai 1847.

III. *Prismatische Zerlegung der Farben verschiedener Flüssigkeiten; von J. Müller.*

Eine der wichtigsten Fragen für die Theorie des **Lichts** ist jetzt unstreitig die Erklärung der natürlichen **Farben der Körper**; man müßte diese Erklärung von der **Vibrationstheorie** fordern, nachdem dieselbe alle Erscheinungen der **Beugung**, der **Polarisation**, **doppelten Brechung** u. s. w. nicht allein der Art, sondern auch der GröÙe nach, so **vollständig** erklärt hat. **Wrede** war der erste, der diese Frage einer gründlichen Untersuchung unterwarf, und in seiner trefflichen Abhandlung (**Poggend. Ann. Bd. 33, S. 353**) hat er versucht, die **Absorption des Lichts** beim **Durchgang** durch **Brom- und Joddämpfe**, so wie das **Licht einiger farbigen Flammen** auf das **Princip der Interferenzen** zurückzuführen und somit die Erscheinung zu erklären.

Wrede hat dargethan, daß die **Absorptionserscheinungen** sehr wohl **Interferenzerscheinungen** seyn können, er hat gezeigt, daß sie mit der **Vibrationstheorie** keineswegs im **Widerspruch** sind; damit ist aber die Sache noch nicht **abgethan**. Es genügt noch nicht die **Absorptionserscheinungen** der Art nach zu erklären, sie müssen auch der GröÙe nach erklärt seyn; alle **Absorptionsfarben**, namentlich auch die **farbigen Flüssigkeiten** und **festen Körper** müssen **vollständig** aus dem **Interferenzprincip** abgeleitet werden können.

Bevor man jedoch einen Versuch zur Erklärung dieser **Farben** macht, muß man ihre **Zusammensetzung** genau un-

tersuchen, man muß die Versuche über die prismatische Zerlegung dieser Farben wo möglich so einzurichten suchen, daß man nach ihnen eine Curve construiren kann, welche diese Farben in der Weise charakterisiren, wie man dies bei den Interferenzfarben ausgeführt hat; durch solche Curven hat man alsdann einen Anhaltspunkt zur Vergleichung der Absorptionsfarben mit den Interferenzfarben.

Die Versuche zur prismatischen Zerlegung der Absorptionsfarben habe ich auf folgende Weise angeordnet.

Auf dem Papierschirm, welcher auch zur objectiven Darstellung der Fraunhofer'schen Linien gedient hatte (Pogg. Ann., Bd. 69, S. 93) wurde ganz in der dort angegebenen Weise ein Spectrum erzeugt, und dann die zu untersuchende Flüssigkeit vor der zweiten Spalte aufgestellt, so daß nun in Folge der Absorption ein Theil des Spectrums verschwand.

Dieser erste Versuch wurde mit einer ziemlich concentrirten Lösung angestellt, so daß nur ein schmaler Theil des Spectrums sichtbar war; es wurde notirt innerhalb welcher Theilstriche man noch Licht beobachtete; nun wurde die Hälfte der farbigen Flüssigkeit durch Wasser ersetzt und der Versuch wiederholt; jetzt war natürlich schon ein etwas größerer Theil des Spectrums sichtbar. Eine dritte Beobachtung wurde gemacht, nachdem abermals die Hälfte der Flüssigkeit durch Wasser ersetzt, sie also nur noch ein Viertel ihrer ursprünglichen Concentration hatte etc.

Eine solche Versuchsreihe und wie aus derselben eine Curve construirt wurde, will ich der Deutlichkeit wegen näher auseinandersetzen.

Das ganze Spectrum ging vom Theilstrich 44 (violettem Ende) bis zum Theilstrich 70 (rothem Ende). Die drei starken dunkeln Streifen standen bei 50,3 — 58 und 60,1. Eine Lösung von Pariser Blau in Oxalsäure (blaue Tinte) gab folgende Resultate:

Concentrirte Lösung	hell zwischen 52 und 58			
Auf $\frac{1}{2}$ verdünnt	-	-	50	- 60
- $\frac{1}{4}$ -	-	-	49	- 62
- $\frac{1}{8}$ -	-	-	47	- 63

Auf $\frac{1}{16}$ verdünnt	hell zwischen 46	und 64,5.
- $\frac{1}{8}$ -	- 45,5 -	65,5.

Nach diesen Beobachtungen ist die Curve Fig. 1, Taf. II in folgender Weise construirt.

Fig. 1 stellt ein längliches Rechteck dar, dessen Breite die Breite des Spectrums, und zwar in etwas verkleinertem Maassstab, darstellt; an der oberen Horizontallinie stehen von 5 zu 5 die Theilstriche bezeichnet, auf welche das Spectrum fällt, unten sind die jeder Stelle entsprechenden Farben notirt ¹⁾. Auf der oberen Linie sind ferner die Punkte $a=52$ und $b=58$ notirt, zwischen welchen noch Licht auffällt, wenn man die concentrirte Lösung von Pariser Blau eingeschaltet hat. Auf einer Horizontallinie, welche in der halben Höhe des Rechtecks gezogen ist, sind die Punkte c und d bezeichnet, zwischen welchen noch Licht erscheint, wenn die auf $\frac{1}{2}$ verdünnte Lösung eingeschaltet ist. Auf dieselbe Weise sind auch Horizontallinien, die in $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$ der Höhe des Rechtecks gezogen sind, die Punkte bezeichnet, zwischen denen noch Licht beobachtet wird, wenn die Lösung auf $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$ verdünnt ist. Ueber diese Punkte sind dann auf beiden Seiten die Curven gezogen, aus welchen man ersehen kann, wie mit zunehmender Verdünnung der Lösung der erleuchtete Theile des Spectrums breiter wird.

Für die concentrirte Lösung des Berlinerblau ist von dem ganzen Spectrum nichts mehr übrig als das eigentliche Blau von der Gränze des Indigo bis zur Gränze des Grün; wird die Lösung auf $\frac{1}{2}$ verdünnt, so nimmt die Breite des erleuchteten Raumes auf beiden Seiten zu, und zwar auf der einen Seite ungefähr bis in die Mitte des Indigo, auf der anderen bis in die Mitte des Grün u. s. w.

Auf dieselbe Weise wurden auch mit anderen farbigen Flüssigkeiten Versuche angestellt, und nach diesen Curven construirt. Da diese Curven die Resultate der Beobachtungen vollständig wiedergeben, so ist eine Angabe der abgelesenen Zahlen nicht mehr nöthig.

1) Durch die Buchstaben: v , i , b , gr , g , o , r , für violett, indigo, blau, grün, gelb, orange, roth.

Es ist

- Fig. 2 die Curve für schwefelsaures Kupferoxydammoniak
 Fig. 3 - - - Indigosolution
 Fig. 4 - - - Chromalaun
 Fig. 5 - - - Lackmustinktur
 Fig. 6 - - - für eine Mischung von doppelt chromsaurem Kali mit schwefelsaurem Kupferoxydammoniak
 Fig. 7 - - - eine Mischung von Saflor mit blauer Tinte
 Fig. 8 - - - grüne Tinte
 Fig. 9 - - - doppeltchromsaures Kali
 Fig. 10 - - - Schwefelcyaneisen in Wasser gelöst
 Fig. 11 - - - Schwefelcyaneisen in Aether gelöst
 Fig. 12 - - - Carmin.

Es sind 1 bis 3 blaue, 4 und 5 purpurrothe, 6 bis 8 grüne, 9 eine gelbe, 10 bis 12 rothe Flüssigkeiten verschiedener Art.

Betrachten wir die einzelnen Flüssigkeiten näher.

Schwefelsaures Kupferoxydammoniak. Bei der concentrirten Lösung erscheint außer dem eigentlichen Blau, welches nicht ganz bis zur Gränze des Grün reicht, noch Indigo und Violett fast bis ans Ende des Spectrums; es unterscheidet sich also die Farbe des schwefelsauren Kupferoxydammoniaks von der des Berlinerblaus durch die bedeutende Beimischung von Indigo und Violett. Die Curve auf der rechten Seite zeigt etwas über $\frac{1}{4}$ der Höhe des Rechtecks eine eigenthümliche Krümmung, welche durch folgende Beobachtung angedeutet ist.

Als die Lösung auf $\frac{1}{4}$ ihrer ursprünglichen Concentration verdünnt war, erstreckte sich das Licht vom violetten Ende bis zum Theilstrich 68, im Orange aber erschien ein Schatten, welcher dunkler war, als das mehr nach der Rechten hin liegende Roth. Aehnliches findet sich wieder bei den Curven Fig. 6 und 12, Taf. II.

Indiglösung. Bei der concentrirtesten Lösung, mit welcher der Versuch angestellt wurde, erschien Roth zwischen $66\frac{1}{2}$ und $67\frac{3}{4}$, Blau zwischen $55\frac{1}{2}$ und $60\frac{1}{4}$, der Zwischen-

raum zwischen der ganz schmalen rothen und der etwas breiteren, aber etwas weniger hellen blauen Stelle war ganz dunkel. Mit zunehmender Verdünnung nahm das Blau an Breite, namentlich nach der violetten Seite hin, viel mehr zu als das Roth, dessen Breite mit zunehmender Verdünnung nur sehr langsam wächst. Nachdem die Verdünnung bis auf $\frac{1}{8}$ fortgesetzt war, erschienen die beiden hellen Räume nur noch durch einen Schatten im Gelb getrennt.

Die Farbe der Indigsolution unterscheidet sich also durch ihre Zusammensetzung wesentlich von der der blauen Tinte. Bei der concentrirten Lösung des Indigo geht das Blau nicht bis zur Gränze des Indigo, auf der anderen Seite aber geht der helle Raum noch in das Grün hinein; gegen die blaue Tinte fehlt also hier ein Theil des eigentlichen Blau, und erscheint durch Grün ersetzt. Außerdem enthält die Farbe des Indigo noch Roth.

Die Curve Fig. 4, Taf. II, welche dem *Chromalaun* angehört, hat einige Aehnlichkeit mit der für Indigo. Für die concentrirteren Lösungen erscheinen ebenfalls zwei, durch einen dunklen Zwischenraum getrennte Lichtstellen; dieser dunkle Zwischenraum erscheint zuletzt noch als Schatten an der Gränze zwischen Grün und Gelb; der rothe Raum aber ist gleich viel breiter als beim Indigo, und erstreckt sich namentlich viel weiter gegen das rothe Ende des Spectrums hin.

Lackmustinktur Fig. 5 gab für die concentrirte Lösung einen schmalen rothen Streif, dessen Breite mit zunehmender Verdünnung nur sehr wenig zunahm; erst bei $\frac{1}{8}$ der ursprünglichen Concentration erschien eine schwache Erleuchtung im Blau, die dann rasch an Breite zunahm.

Die grüne Flüssigkeit, welche durch Mischung von schwefelsaurem Kupferoxydammoniak mit doppeltchromsaurem Kali erhalten wurde, zeigt in ihrer Curve, Fig. 6, auf der rechten Seite eine ähnliche Krümmung, wie wir sie schon Fig. 2 kennen gelernt haben, und welche offenbar dem Einfluß des schwefelsauren Kupferoxydammoniaks zuzuschreiben ist.

In der concentrirten Lösung des Grün, Fig. 6, erscheint
nur

nur das Grün, welches an das Blau des Spectrums gränzt, wogegen sich das Grün für die concentrirte Lösung der Flüssigkeit Fig. 7, Taf. II (Saflor mit Pariser Blau) von der Gränze des Blau bis zur Gränze des Gelb erstreckt.

Die grüne Tinte, Fig. 8, nimmt unter den grünen Flüssigkeiten eine ähnliche Stellung ein, wie die Indigsolution unter den blauen; die concentrirte Lösung zeigt Roth und Grün nahe an der Gränze des Blau.

Sehr auffallend sind die Erscheinungen, welche beim doppeltchromsauren Kali beobachtet wurden. Eine möglichst concentrirte Lösung war noch sehr hell, so daß ich keine bedeutende Absorption erwartete; dessen ungeachtet war bei der prismatischen Zerlegung von Grün bis ans violette Ende des Spectrums alles Licht *vollständig* verschwunden. Es erschien nur noch gelb, orange und roth erleuchtet, aber so hell, als ob gar keine Flüssigkeit eingeschaltet worden wäre; bei zunehmender Verdünnung nahm die Breite des erleuchteten Theils nur *sehr* unbedeutend zu. Bei der concentrirten Lösung war Licht von 63 bis 69; auf $\frac{1}{16}$ verdünnt von 61 bis 70; erst bei einer Verdünnung auf $\frac{1}{32}$ erschien ein schwacher Schimmer; selbst bei einer Verdünnung bis auf $\frac{1}{512}$ war das violette Ende des Spectrums noch ausgelöscht.

Die Curven für die drei rothen Flüssigkeiten bedürfen wohl keiner Erläuterung mehr, sie sind durch das Bisherige hinlänglich verständlich. Auffallend ist es, daß die ätherische Lösung des Schwefelcyaneisens eine andere Curve liefert als die wässrige Lösung.

In Beziehung auf die Substanz der untersuchten Flüssigkeiten habe ich noch Folgendes zu bemerken.

Die blaue Tinte No. 1 war eine Auflösung von Cyaneisen (Pariserblau) in Oxalsäure.

Die grüne Tinte No. 8 ist ein Chromoxydsalz, dessen nähere Zusammensetzung ich aber nicht angeben kann.

No. 12 ist eine ammoniakalische Lösung von Carmin.

Um bei der Mischung von doppeltchromsaurem Kali mit

schwefelsaurem Kupferoxydammoniak einen Niederschlag verhindern, muß etwas Ammoniak zugesetzt werden.

Ich beabsichtige diese Versuche auch noch mit andern farbigen Körpern fortzusetzen.

Eine nähere Vergleichung dieser Absorptionsercheinungen mit den Interferenzfarben, so wie die nähere Untersuchung der Frage, ob und wie sich wohl die natürlichen Farben auf das Princip der Interferenzen zurückführen lassen, behalte ich mir vor.

Freiburg, im April 1847.

IV. *Erläuterungen über die Natur der Lichtflamme;* *von Dr. G. H. Otto Volger.*

Privatdocent zu Göttingen.

Die Kenntniß der Flamme, des Products und zugleich der Werkstätte höchst bedeutender chemischer Processen, ist für den Chemiker von nicht geringem Interesse, ganz besonders wichtig aber für den Mineralogen und rationalen Probirkünstler, dem die Flamme des Lichts durch die Anwendung des Löthrohrs so vortheilhafte Dienste leistet. Als Mineraloge häufig mit der »feurigen« Analyse unorganischer Naturkörper beschäftigt, habe ich auf die Beschaffenheit der Flamme viele Aufmerksamkeit verwandt, und da ich in Büchern, welche speciell von diesem Gegenstande handeln, theils nur Andeutungen, theils nur mangelhafte und selbst irrige Angaben darüber fand, so habe ich es für nützlich gehalten die Natur der Lichtflamme etwas genauer zu erläutern. Ich gebe der Kürze wegen hier meine Untersuchungen und Beobachtungen im Zusammenhange, ohne den Vortrag derselben durch Kritiken fremder Ansichten zu unterbrechen, verweise indessen zur Vergleichung auf folgende Bücher, in welchen bereits auf die berühmten Untersuchungen der Lichtflamme von Humphrey Davy Rücksicht genommen ist.

J. Jac. Berzelius: Die Anwendung des Löthrohrs in der Chemie und Mineralogie. Dritte Auflage. Nürnberg 1837. Seite 25, 26, 27, und Taf. II, Fig. 16, 17.

C. F. Plattner: Die Probirkunst mit dem Löthrohre etc. Leipzig 1835. Seite 6, 7, 8, 9, und Taf. I, Fig. 4, 10.

F. Knapp: Lehrbuch der chemischen Technologie. Braunschweig 1844. Seite 110 mit Fig. 18. b.

Am Schlusse werde ich kurz bemerken, worin die in diesen Büchern enthaltenen Erläuterungen von meinen Beobachtungen abweichen.

Das Brennen der Lichtflamme ist eine unter Einwirkung der Wärme vorgehende Oxydation der Zersetzungsproducte des Lichtmaterials, in welche letzteres durch Erhitzung zerlegt wird. Als Lichtmaterial benutzen wir hauptsächlich verschiedene Fettarten, theils flüssige, theils starre. Um ein Licht anzuzünden (abgesehen von der Brennbarkeit des Dochtes) müssen wir die im Dochte befindlichen Fetttheile so stark erhitzen, daß dieselben zerlegt und die Zersetzungsproducte in den Stand gesetzt werden, sich mit dem Sauerstoffe der atmosphärischen Luft zu verbinden, d. h. zu verbrennen. Flüssige Fette, Oele, steigen in den Lampen durch die Capillarität der Dochtfädchen von selber in die Höhe; zur Entzündung eines Kerzenlichts dagegen bedarf es einer Schmelzung des den Docht an der Spitze umgebenden starren Fettes, damit dieses die Fähigkeit der Capillarität zu folgen, wie ein flüssiges Fett, bekommt; man pflegt deshalb eine neue Kerze, nachdem man den hervorragenden Zopf des Dochtes angezündet hat, eine Weile geneigt zu halten, damit die Flamme das Köpfchen der Kerze bedecke und schmelze, und der Docht erst einmal befeuchtet werde. Sobald dann die Verbrennung des Fettes selbst wirklich begonnen hat, besitzt die nun entstandene Flamme Wärme genug, um durch das Ausstrahlen derselben die Fettmasse rings um die Basis des Dochtes zu schmelzen. Der von der Flamme entferntere Rand der Kerze geräth dabei später, als die inneren Theile, in den Radius der zur Schmelzung nöthigen Wärme, und bildet daher etwas hervorragend ein kleines Becken rings um den Docht, welches mit

flüssigem Fette geschmolzen ist. Letzteres steigt nun, den Oele gleich, stets von selber in den Haarröhrchen des Dochtes empor und unterhält die Flamme, so daß nun Lampe und Kerze unausgesetzt fortbrennen, bis entweder der Sauerstoff des umgebenden Raumes verbraucht, oder die ganze Fettmasse verzehrt ist.

Die Zerlegung der im Dachte befindlichen Fettstoffe geht in der Lichtflamme ganz in derselben Weise vor sich, wie bei der sogenannten trocknen Destillation der Fette.

Die gewöhnlichen Fette (Talg, Baumöl u. s. w.) deren wir uns zur Beleuchtung bedienen, bestehen aus verschiedenen proportionirten Verbindungen von Stearin, Margarin, Elain und Olein — Verbindungen von verschiedenem Schmelzpunkte, die daher bei gewöhnlicher Temperatur einen verschiedenen Aggregatzustand, verschiedene Consistenz, besitzen. Jeder der genannten Stoffe, Stearin, Margarin, Elain und Olein, besteht aus *Glycerin*, welches als Basis verbunden ist mit einer *fetten Säure*, im Stearin mit Stearinsäure, im Margarin mit Margarinsäure, im Elain mit Elainsäure, im Olein mit Oleinsäure.

Diese sämtlichen Stoffe bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, in der Weise, daß man das Glycerin (wasserfrei) als ein Kohlenwasserstoffoxyd betrachten kann $= C^3 H^2 O$, die fetten Säuren aber als Kohlenwasserstoffsäuren, nämlich:

die Stearinsäure (wasserfrei) $= C^{18} H^{36} O^2 = \ddot{R}$

die Margarinsäure (desgl.) $= C^{14} H^{28} O^2 = \ddot{R}$

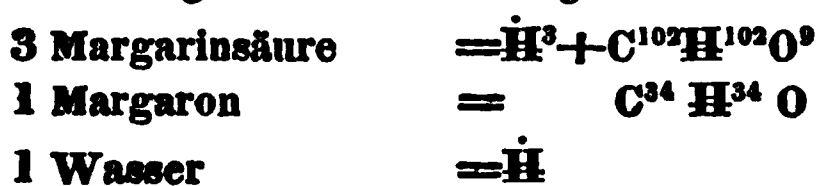
die Elainsäure (desgl.) $= C^{12} H^{24} O^2$;

die Oleinsäure, bis jetzt noch nicht genau bekannt, ist der Elainsäure jedenfalls sehr ähnlich. Alle diese Säuren enthalten aber in ihren Verbindungen mit Glycerin ein bestimmtes Quantum Wasser, die Stearinsäure H^2 , die Margarinsäure H , die Elainsäure H , die Oleinsäure unbekannt.

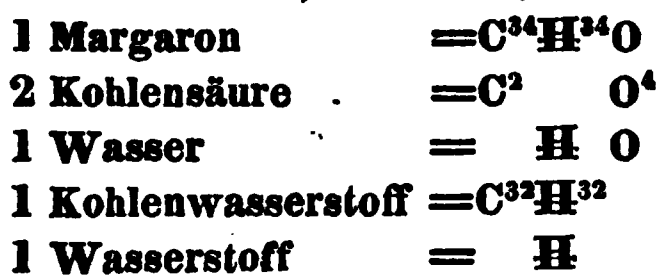
Erhitzt man Stearin, Margarin, Elain und Olein entweder für sich, oder ihre Verbindungen, die gewöhnlichen Fette, so trennen sich die Säuren vom Glycerin, und letz-

terer wird zerstört, in verschiedene flüchtige Stoffe zerlegt, mit denen Wasserdämpfe entweichen. Die fetten Säuren dagegen sind bei einem Wärmegrade, welcher das Glycerin bereits zerstört, noch beständig, und lassen sich unzerstört in einem Destillationsapparate überdestilliren. Allein bei einem höheren Wärmegrade werden sie ebenfalls zerlegt, und zwar folgendermaßen.

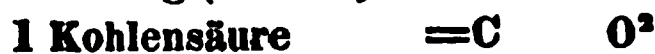
Die Stearinsäure zunächst (schon bei der Destillation) in Margarinsäure, Margaron und Wasser:



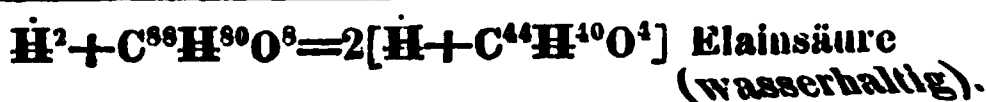
Die Margarinsäure aber wird weiter zerlegt in Margaron, Kohlensäure, Wasser, Wasserstoff und Kohlenwasserstoff:



Das Margaron endlich zerfällt in Kohle, Kohlensäure, Kohlenwasserstoff und Wasserstoff, letzterer wahrscheinlich mit der Kohle zu Grubengas (CH^2) verbunden:



Die Elainsäure (und wahrscheinlich eben so die Oleinsäure) zerfällt in Kohlensäure, Kohlenwasserstoff, Fettsäure ($\kappa\alpha\tau'$ $\xi\varsigma\omicron\chi\eta\nu$) und Kohle:



Auf solche Weise zerfallen also alle Fette, welche wir zum Brennen behufs der Beleuchtung zu benutzen pflegen, in geringerer Hitze in die Zersetzungsproducte des *Glycerin*, nämlich (mittelbar) in Kohlenoxydgas, Kohle und Wasserstoffgas:



und die unzerstört destillirbaren *fetten Säuren*, und letztere bei höheren Hitzegraden endlich in Wassergas, Wasserstoffgas, Kohle, Kohlensäure, Fettsäure und verschiedene Kohlenwasserstoffgase, welche letztere jedoch sämmtlich die procentische Zusammensetzung des ölbildenden Kohlenwasserstoffs, oder Leuchtgases, besitzen. Die Fettsäure ist sehr beständig, und bei großer Hitze destillirbar und sublimirbar, ohne zerstört zu werden.

Nähern wir nun den mit brennbarem Fette gefüllten Dochte einer Kerze oder Lampe eine genügend heisse Flamme, so muß alsbald das Fett durch die Wärme der Zersetzung unterworfen werden. Es beginnt die Zerstörung des *Glycerins*, und giebt sich, ehe noch der Docht sich entzündet hat, wenn man die Zündflamme wieder entfernt, durch den brenzlichen Geruch seiner nächsten Zersetzungsproducte zu erkennen, welche als Dämpfe aufsteigen. Läßt man aber die Zündflamme lange und stark genug einwirken, so wird das Glycerin in Kohlenoxydgas und Leuchtgas, und letzteres wiederum in Kohlenstoff und Wasserstoffgas zerlegt, welche, indem sie aus dem Dochte aufsteigen, sogleich mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft eine Verbrennung eingehen. Es entsteht also eine Flamme verbrennenden Kohlenoxydgases, Wasserstoffgases und Kohlenstoffs, welche mit schwachem röthlichvioletten Scheine den Raum erfüllt, innerhalb dessen jene Gase mit der Luft in Berührung treten. Die Gase selbst bilden ein plattrundes „*Kügelchen*“, dessen dunkler Inhalt durch die umgebende Flamme mit prachtvoll lasurblauer Farbe hindurchscheint; gewöhnlich be-

merkt man nur dieß blaue Kügelchen allein, welches auf der Spitze des Doctes wie ein Knäulchen zu schweben pflegt; bei genauerer Betrachtung und günstigem Hintergrunde sieht man den röthlichvioletten Flammenschein aber allemal. Diesen röthlichvioletten Flammenschein nenne ich den »*Schleier*« der Lichtflamme; er ist deutlich abgebildet in Fig. 1, Taf. III. Die ganze in dieser Figur dargestellte Erscheinung nenne ich die »*Flammenknospe*.«

Ich habe erwähnt, daß das Gaskügelchen eine platt-runde Gestalt habe. Dieser Umstand rührt daher, daß das Wasserstoffgas, als das leichtere, den oberen Theil des Gaskügelchens einnimmt und dort rasch verbrennt, während beide anderen Gase, Kohlenoxydgas und Kohlengas, mehr seitwärts abströmen und verbrennen. Diese platte Form hat die Flammenknospe aber nur im ersten Anfange, gleich darauf beginnt die Flamme zu schwellen.

Die große Hitze nämlich, welche durch die Verbrennung des Wasserstoffgases innerhalb des Gaskügelchens, so wie in dem von ihm umhüllten Theile des Doctes, hervorgebracht wird, bewirkt nun eine Sublimation und Zersetzung der *fetten Säuren*, so daß also das besprochene Gaskügelchen mit seiner heißen Hülle brennenden Wasserstoffgases gleichsam die geheizte Retorte bildet, in welcher die trockne Destillation der fetten Säuren vor sich geht. Sobald die Zersetzungsproducte der letzteren, welche, wie oben erwähnt, bei weitem der Hauptmasse nach aus dem Leuchtgase procentisch gleichen Kohlenwasserstoffgasen bestehen, in ihrem Bestreben aufwärts zu steigen sich der äußeren Gränze des blauen Kügelchens, und somit der heißen Sphäre des verbrennenden Wasserstoffgases nähern, geschieht die Zerlegung der Kohlenwasserstoffgase in Kohlengas und Wasserstoffgas. Letzteres eilt augenblicklich zur Verbrennung, während die schwereren Kohlenstofftheilchen nur durch die Hitze und den Strom des Wasserstoffgases mit in die Höhe gerissen werden und erst in der äußeren Umgränzung der Wasserstoffflamme verbrennen. Während dieselben den Weg durch die Wasserstoffflamme

machen, erglühen sie mit blendend weißem Lichte, welche durch die röthlichviolette Wasserstoffflamme theils kaum geschwächt, theils gelblich und röthlich hindurchscheit. Dieser ganze Proceß bildet das zweite Stadium der Flamme — es beginnt die »Knospe« zu schwellen, und plötzlich erscheint auf dem Gipfel derselben, wo die Wasserstoffflamme rasch emporwächst, ein glänzend leuchtender Punkt, der schnell das blaue Kügelchen nach oben durchbricht. Das Kügelchen nenne ich nun die »Hülle« der »Knospe«, als solche zeigt es sich bei der aufblühenden Flamme in Fig. 2, Taf. III. Das leuchtende Flämmchen, welches aus der »Hülle« hervorbricht, besteht, wie in dieser Abbildung deutlich bezeichnet ist, eigentlich aus einer leuchtenden Umgebung und einem dunkeln Kerne, welcher ebenfalls blau dargestellt ist, obgleich er in der Flamme äußerlich nicht blau, sondern dunkel erscheint. Dieser dunkle »Kern« besteht aus den Zersetzungsproducten der fetten Säuren, welche sich in der »Hülle«, wie in einer Retorte, eingeschlossen befinden und nach oben sich verflüchtigen. Die Außentheile dieses Gaskernes bestehen aus dem fortwährend durch die nahe Hitze des »Schleiers« getrennten Kohlenstoffgase und Wasserstoffgase, und seine leuchtende Umgebung ist die Wasserstoffflamme (an der Spitze) und erhitztes Wasserstoffgas (an den Seiten, wo das Wasserstoffgas, innerhalb der »Hülle«, nicht verbrennen kann), worin der Kohlenstoff glüht und dadurch das Leuchten bewirkt, gerade wie beim Leuchtgase geschieht. Durch das helle Leuchten dieser Umgebung des inneren Gaskerns an der Spitze, wo dieselbe die dunkle (blaue) »Hülle« durchbrochen hat, scheint in Folge der Blendung die Wasserstoffflamme des »Schleiers« im ersten Momente an dieser Spitze zu schwinden, während sie in Wahrheit, wie das helle Glühen eines über jene Stelle gehaltenen Platindrahts zeigt, emporwächst.

Im dritten Stadium zeigt sich nun die Flamme wie in Fig. 3, Taf. III. — Die »Hülle« mit dem »Schleier« sind ganz geöffnet, wie der Kelch einer Blume, und bilden die »äußere Flamme«, aus welcher die »innere Flamme« mit ihren

verschiedenen Theilen als ein stumpfer Kegel hervorgebrochen ist. Die verschiedenen Theile dieser letzteren zeigen sich hier bereits deutlich. Die ganze Flamme hat einen Theil des Doctes erfaßt und ist durch die damit verbundene stärkere Destillation und Zersetzung gewachsen. Zunächst um den Docht befindet sich der dunkle »Gaskern«; dieser ist aber hier nicht mehr kugelförmig, sondern kegelförmig, eine Gestalt, welche dadurch hervorgebracht wird, daß die Gase, im Begriffe nach oben sich zu verflüchtigen, mehr und mehr mit der Luft in Berührung kommen, und somit durch Verbrennung vermindert werden. Der dunkle »Kern« besteht in seinem innersten und bedeutendsten Theile aus den unmittelbaren Zersetzungsproducten der Fettsäure. Saugt man dieselben durch eine Hebevorrichtung in eine mit Wasser gefüllte Flasche, so erhält man einen grauen Qualm verschiedener Gasarten, aus denen sich, besonders bei Stearinkerzen, nie aber bei Oelflammen, trockne, weiße Margarinsäure absetzt, und aus Oelflammen sich Fettsäure ($\text{H} + \text{C}^{10}\text{H}^8\text{O}^3$) im Wasser auflöst und freier Kohlenstoff als Ruß absetzt. — Dieser »innerste Gaskegel« des »Flammenkerns« ist umhüllt von einem ebenfalls zum dunkeln Kerne gehörenden Hohlkegel der bereits in Kohlenstoff und Wasserstoffgas geschiedenen Zersetzungsproducte; die Hitze in diesem Theile, den ich die »innere Mütze« nenne, ist sehr bedeutend, und der Kohlenstoff glüht darin schwach, so daß ein röthlich dunkler Schein diese »Mütze« des »innersten Kegels« bezeichnet. Legt man in einem Kerzenlichte einen Platindraht durch den innersten Kegel, so setzt sich freier Kohlenstoff als Rußkohle an die beiden Stellen des Drahtes, welche die »Mütze« schneiden, und eben so, wenn man den Draht etwas höher hält, an die Stelle, welche sich innerhalb der Spitze der Mütze befindet — im innersten Kegel dagegen giebt es noch keinen Ruß.

Diese »innere Mütze« ist nicht zu verwechseln mit der bei weitem größeren und ausgezeichneteren »äußeren Mütze«, innerhalb welcher der Draht ebenfalls beruht wird, in dem

Haupttheile an einer breiten Stelle und tiefer an zwei Stellen. Nur bei genauen Versuchen kann man die Berührung in der inneren Mütze nachweisen. — Die »äußere Mütze« nun besteht aus den in der inneren Mütze von einander befreiten Gasen, welche hier aber mit dem Sauerstoff der Luft verbrennen. Es ist eine große Wasserstoffgasflamme, in welcher die Kohlentheilchen blendend weiß erglühen und sodann verbrennen. Sie verbrennen besonders im mittleren Theile der Flamme; der untere Rand dieser Mütze, welcher auf dem Bilde in zwei Spitzen erscheint, ist noch nicht brennendes, sondern nur stark glühendes Gas, indem von diesem Theile der Zutritt der Luft durch die »Hülle« abgeschlossen ist, und daher glühen hier die Kohlentheilchen auch noch nicht so hell. In der Spitze der »äußeren Mütze« dagegen und überhaupt in den äußersten Theilen derselben verbrennt der Kohlenstoff mit dem Wasserstoff zugleich, und leuchtet daher nicht mehr, so daß hier die Mütze eine röthlichviolette Umgebung besitzt, welche dem Schleier völlig gleicht, auch eben so wie dieser keinen Ruß giebt, aber eine sehr heftige Gluht entwickelt.

In Fig. 4, Taf. III, ist die Flamme in ihrer höchsten Entwicklung dargestellt; es zeigen sich darin deutlich alle Theile, wie in der Skizze, Fig. 8:

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| <i>A</i> ist die <i>Hülle</i> , | <i>B</i> der <i>Schleier</i> , |
| <i>C</i> der <i>innerste Kegel</i> , | <i>D</i> die <i>innere Mütze</i> , |
| <i>E</i> die <i>äußere Mütze</i> | <i>F</i> die <i>Umgebung von E</i> . |

Der Schleier und die ihm ganz ähnliche Umgebung der leuchtenden Mütze pflegen sich bei einer lebhaften Flamme zu vereinigen, besonders bei breiten Lampenflammen, wie in Fig. 5.

Daß im Schleier der Kohlenstoff nicht leuchtet, hat seinen Grund darin, daß dort derselbe nicht glüht, sondern brennt, wie in der Umgebung der Lichtmütze.

Berzelius hat die blaue *Hülle* zwar bemerkt, verwechselt dieselbe aber mit dem *innersten Gaskegel*, und erklärt dieselbe gar nicht. Er erwähnt nur der *Hülse*, des *inneren Kegels*, der *leuchtenden Mütze* und der *Umgebung der-*

selben, sagt aber, daß die Verbrennung der »Gasarten« erst in dieser Umgebung geschehe, was doch nicht der Fall ist, da eben das Brennen des Wasserstoffgases in der leuchtenden Mütze selbst das Leuchten des Kohlenstoffs bewirkt. Ferner trennt er die schwach leuchtende *Umgebung* der *leuchtenden Mütze* nicht von dem eigentlichen *Schleier*. Und endlich sagt er, daß derselbe Theil, welcher bei der ruhigen Flamme die »Hülse« bilde, durch das Hineinblasen mit dem Löthrohre den sich dann zeigenden blauen Kegel bilde, welcher letztere aber eben der *innerste Gaskegel* ist. In Folge dieser Verwechslung bedarf auch die Erklärung, welche Berzelius, S. 26, von der Wirkungsweise der Löthrohrflamme giebt, nebst den beigegebenen Flammenbildern einer Modification, welche wir bescheidenlich dem nachsichtigen Urtheile des großen Chemikers unterstellen wollen.

Plattner deutet die »Hülle« schon richtiger; den Schleier übersieht er ganz und verwechselt ihn wohl auch mit der *Umgebung* der *leuchtenden Mütze*. Er erwähnt ferner des *innersten Gaskegels*, der *Lichtmütze* und deren *Umgebung*. Die chemische Natur der *Hülle* erkennt er ganz, indem er sich auf die unrichtigen Angaben in Berzelius Lehrbuch der Chemie (Auflage 3, Bd. I, S. 345) bezieht. Er irrt auch mit Berzelius über die Wirkung der Löthrohrflamme, und insbesondere über die Reductionsflamme und Oxydationsflamme. Auch ist seine Abbildung der Flamme sehr mangelhaft.

Knapp erwähnt nur drei Flammentheile, den *innersten Gaskegel*, die *leuchtende Mütze*, deren Natur er sehr richtig erklärt, und die *Umgebung* derselben, die er jedoch irrig nur für die Verbrennung der Kohle hält.

Daß das Leuchten der Kohle die Ursache des Lichts in der Flamme sey, kann man durch das Experiment zeigen, indem man einen Draht in die *leuchtende Mütze* hält, woran sich die Kohle dann abkühlt; es befindet sich dann über dem Drahte in der aufströmenden Lichtmasse ein dunkler, der leuchtenden Kohle entbehrender Schweif.

Beim Gebrauche des Löthrohrs kommt es uns theils auf

die Entwicklung hoher Temperatur, theils auf die Bewirkung einer Oxydation oder auf Bewirkung einer Reduction an. — Eine hohe Temperatur bewirken wir dadurch, daß wir Luft in die Flamme hineinblasen, so daß also nun in der seitwärts gerichteten Flamme die Verbrennung nicht mehr bloß von außen herein, sondern zugleich von innen heraus geschieht. Der heißeste Punkt ist allemal in der Verbrennung des Wasserstoffgases, dessen Hitze hier noch vermehrt wird durch Verbrennung des Kohlenstoffs, welche durch den raschen Luftzudrang von innen so rasch bewirkt wird, daß die Spitze des seitwärts geblasenen Flammengels nicht mehr zum Leuchten kommt, und bei großer Oeffnung des Löthrohrs selbst die Lichtstreifen verschwinden, welche bei Fig. 6 und 7, Taf. III, noch sichtbar sind. Je mehr die Lichtstreifen verschwinden, desto stärker wird die röthlichviolette Umgebung, und eben so ist sie desto heißer — es sey denn, daß die Löthrobröffnung zu groß sey und der überschüssige Luftstrom die Hitze vermindere. In dieser röthlichvioletten Flamme liegt also die höchste Schmelzhitze. Die *Hülse* und der *Schleier* bleiben beim Gebrauche des Löthrohrs ganz ungestört (Fig. 6 und 7), nur daß der Schleier durchbrochen wird.

Eine Oxydationsflamme bemerkt man entweder, indem man die Probe (das zu oxydirende) in einiger Entfernung vor der röthlichvioletten Flamme glüht, oder besser, wenn ein höherer Hitzegrad nöthig ist, indem man eine weitere Löthrohrspitze benutzt und etwas überschüssigen Sauerstoff in die Flamme strömen läßt, so daß in der röthlichvioletten Flamme selbst die Oxydation geschehen kann.

Eine Reductionsflamme bringt man hervor, indem man sich eines engeren Löthrohrs bedient, und nun die Probe mit der heftig brennenden, aber durchaus keinen überschüssigen Sauerstoff enthaltenden, röthlichvioletten Flamme ganz umhüllt, so daß der Kohlenstoff noch genöthigt ist, der Probe Sauerstoff zu seiner Verbrennung zu entziehen, wobei die als Unterlage benutzte Kohle besonders mitwirkt.

Bei jedem Gebrauche des Löthrohrs taucht man die Spitze

desselben gerade in die *innere dunkelröthliche Mütze* des Gaskegels, so daß man diesen ganz herausbläst; denn der beim Blasen erscheinende blaue Strahl ist keineswegs, wie Berzelius sagt, die nach innen gewendete äußere Hülle, sondern der *innere Gaskegel*, wie die Abbildungen, Fig. 6 und 7, Taf. III, deutlich zeigen werden. Bei einer Kerzenflamme blase man gegen die Spitze des Kegels, da bei dieser derselbe sich höher erhebt, und näher am Dochte die Zersetzungsproducte der fetten Säuren noch nicht stark genug erhitzt, und zur völligen Zersetzung in Kohlenstoff und Wasserstoff vorbereitet sind, sondern leicht mit auf die Probe geblasen werden und diese mit öligen Kohlenwasserstoffarten beschlagen. Bei einer Lampenflamme dagegen, welche von beiden breiten Seiten sehr zusammengedrückt ist, befindet sich der dunkle innerste Gaskegel der Gluth des Schleiers so nahe, daß hier die endliche Zersetzung weit rascher vor sich geht, weshalb der innerste Kegel hier nur sehr kurz, die innere Mütze der getrennten Gase dagegen ziemlich breit erscheint.

Die Producte einer vollkommen gut brennenden Flamme sind nun endlich etwas *Wassergas*, welches noch *unmittelbar* aus den *fetten Säuren* her stammt, viel *Wassergas* durch Verbrennung des *Wasserstoffs* gebildet, und viel *Kohlensäure*, von welcher ein kleiner Theil durch Verbrennung des *Kohlenoxydgases* im *Schleier*, bei weitem der größte Theil dagegen durch Verbrennung des *Kohlenstoffs* im *Schleier* und hauptsächlich in der wenig leuchtenden *Umbung* der Lichtmütze entsteht. Bei den Elainsäure enthaltenden Fetten wird auch noch Fettsäure ($\text{H} + \text{C}^{10}\text{H}^8\text{O}^3$) sublimirt, welche man an einer beruhten Metallplatte oder Scherbe über der Flamme auffangen kann.

Wird dem Dochte, so weit derselbe sich innerhalb der Destillationshitze befindet, zu viel Fett zur Zersetzung zugeführt, so daß der innere Gaskegel sich zu stark ausdehnt, so hört die richtige Verbrennung auf, indem ein Theil der Gase durch die leuchtende Mütze als dunkler Strom hindurchgeht, und hier zwar endlich ebenfalls völlig zersetzt

wird, aber nicht völlig verbrennt. Denn der übermäßig entwickelte Wasserstoff läßt die Kohle nicht genügend zur Verbrennung kommen, und dieselbe erreicht den kühleren Raum bevor sie verbrannt ist, und erscheint als Ruß oder Schwalch über der Flamme. Es wird dies besonders dadurch begünstigt, daß die Zersetzung des Kohlenwasserstoffgases innerhalb der Lichtmütze mit großer Heftigkeit geschieht, und durch die damit verbundene Ausdehnung der sich trennenden Gase den Strom des brennenden Wasserstoffs auseinandertreibt, wodurch über der Spitze der Flamme ein kühlerer Raum entsteht. Man kann dasselbe bewirken wenn man ein Licht rasch seitwärts oder aufwärts bewegt, wodurch ebenfalls der Kohlenstoff unverbrannt aus der heißen Flamme austritt, und ferner geschieht dieselbe Rußentwicklung, wenn man mit einem zu weiten Löthrobre in die leuchtende Mütze hineinbläst und dort durch Abkühlung die richtige Verbrennung stört.

Gelangt der Docht seitwärts oder nach oben in die Sphäre der Verbrennung, also bis in den Schleier oder bis in die Lichtmütze, so beginnt derselbe, als Kohle, zu erglühen und zu verbrennen. Da er aber kühler ist als die leuchtende Mütze und der Schleier, so sublimirt sich leicht der Kohlenstoff an ihm, wie an einem in die Flamme getauchten Drahte, und bildet einen schwarzen Schild, Dieb oder Schnuppe genannt, welcher die Flamme verdunkelt.

Diese genaue Kenntniß der Lichtflamme und der in derselben vorgehenden Prozesse scheint mir zu einer rationellen Anwendung des Löthrohrs nothwendig. Sollte diese meine anspruchslose Arbeit zur Vervollständigung und Berichtigung meiner Beobachtungen anderen, mit solchen Untersuchungen vertrauteren Männern Veranlassung geben, so würde meine Arbeit dadurch in meinen Augen einigen Werth erhalten.



V. *Vergleichende Uebersicht der natürlichen Silicate nach den Sauerstoffverhältnissen ihrer Bestandtheile; von C. Rammelsberg.*

Gewiss ist schon häufig von den Mineralogen und Chemikern das Bedürfnis empfunden worden, die überaus zahlreiche Classe der Silicate nach ihrer chemischen Zusammensetzung so geordnet zu sehen, daß dabei das rein Factische, nämlich das Verhältniß von Säure und Basis (und Wasser) die Anordnung bedinge. Dieses Verhältniß wird aber durch die relativen Sauerstoffmengen der Bestandtheile ausgedrückt, welche ja bei den Silicaten gleich wie bei allen Sauerstoffsalzen in einer einfachen Beziehung zu einander stehen. Existirt einmal eine solche Uebersicht, wie sie im Nachfolgenden mitgetheilt wird, so ist es auch leicht, jede neue Analyse, mag sie nun ein schon bekanntes oder ein neu aufgefundenes Silicat betreffen, mit den vorhandenen zu vergleichen, und somit zu erfahren, ob die untersuchte Substanz wirklich eine neue sey. Der im Früheren mitgetheilte Entwurf eines rein chemischen Mineralsystems ¹⁾ ist für diesen Zweck weniger geeignet, weil dort die Zusammensetzung der Silicate durch rationelle Formeln ausgedrückt ist, die, wie nothwendig sie auch für unsere Vorstellungen über die Constitution der einzelnen Verbindungen seyn mögen, doch immer nur hypothetisch sind, und jedesmal ein Zusammenrechnen der Sauerstoffmultiplen erfordert. Ferner stehen dort die Silicate streng nach den Basen geordnet, so daß dasselbe Sauerstoffverhältniß, wenn isomorphe Bestandtheile gleich krystallisirende Verbindungen erzeugen, an mehreren Stellen aufgesucht werden müßte.

Im Nachfolgenden sind die Silicate unter drei Hauptabtheilungen gebracht, nämlich je nachdem sie Oxyde von der Form \bar{R} oder $\bar{\bar{R}}$ oder gleichzeitig beide als Basen enthalten. Jede dieser Abtheilungen zerfällt in die der wasser-

1) Diese Annalen, Bd. 71, S. 477.

freien und wasserhaltigen Verbindungen. Indem wir die Verbindungen aller Basen von analoger Zusammensetzung unter eine Abtheilung brachten, wollen wir natürlich nicht behaupten, daß sie sammt und sonders isomorph sind, was nur von einem Theil derselben mit Sicherheit bekannt, von einem anderen wahrscheinlich ist. Jedenfalls hat eine solche Anordnung den Vortheil, daß wirkliche Isomorphie dadurch leicht aufgefunden werden können, im Fall die betreffenden Körper krystallisirt vorkommen. Ueberhaupt möchten die Bemerkungen am Schluß unserer Uebersicht den Beweis liefern, daß dieselbe zu manchen interessanten Vergleichen und Fragen führt, die allerdings zum Theil von der Zukunft ihre Lösung erwarten.

Oefters sind für dieselbe Substanz mehrere Sauerstoffmultiplen angeführt, aus Analysen abgeleitet, deren Differenz entweder in Mängeln der Analyse selbst, oder in unvollkommener Reinheit des Materials, oder endlich darin seinen Grund hat, daß verschiedene Substanzen unter gleichem Namen untersucht wurden. Hier ist eine Kritik natürlich sehr schwer, oft unmöglich, da leider noch immer Mineralanalysen ohne Hinzufügung einer anderweitigen Charakteristik des Stoffes publicirt werden, wie die Beispiele von Andalusit, Fibrolith, Bucholzit, Sillimanit, Phillipsit, Gismondin etc. beweisen.

Alle Silicate, welche dieserhalb an getrennten Stellen mehrfach angeführt werden mußten, sind mit einem * bezeichnet.

Die Einheit des Sauerstoffverhältnisses ist die Basis R in den Abtheilungen I und III, und R in der Abtheilung II.

Die beigegeführten empirischen Formeln geben weiter nicht als die Natur der Basen und das atomistische Verhältniß zwischen den Bestandtheilen an.

I. Silicate von Basen R.

A. Wasserfreie.

	R. Si.	
Phenakit	1 : 1	Be ³ Si
Tephroit		Mn ³ Si
Eisensilicat		Fe ³ Si (Frischschlacke)
Knebelit		(Mn, Fe) ³ Si
Olivin	}	(Mg, Fe) ³ Si
Hyalosiderit		
Batrachit		(Ca, Mg, Fe) ³ Si
Gadolinit		(Ce, Fe, Y) ³ Si ?
Williamit		Zn ³ Si
Troostit	1 : $\frac{5}{4}$	(Mn, Fe) ^{1 2} Si ⁵
Wollastonit	1 : 2	Ca ³ Si ²
Augit* (Diallag, Bron-		
cit, Hypersthen)		R ³ Si ² und R ³ (Al, Si) ²
Mangankiesel		Mn ³ Si ² u. (Mn, Fe) ³ Si ²
Nephrit *	1 : $\frac{9}{4}$	(Ca, Mg) ⁴ Si ³ , Damour, Schaffhäutl.
Hornblende *		R ⁴ Si ³ und R ⁴ (Al, Si) ³
Arfvedsonit		(Fe, Na) ⁴ Si ³
Aegirin		(Ca, Mg, Fe, K, Na) ⁴ Si ³
Hornblende *	1 : $\frac{7}{3}$	R ⁹ Si ⁷ ?
Babingtonit	1 : $\frac{5}{2}$	(Ca, Fe) ⁶ Si ⁵
Talk		Mg ⁶ Si ⁵
Speckstein	1 : $\frac{8}{3}$	Mg ⁹ Si ⁸
Kalktrisilicat	1 : 3	Ca Si
Jeffersonit *		(Ca, Mn, Fe) Si, Keating ?

B. Wasserhaltige.

	R.	Si.	H.	
Nemalith, Thoms.	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{4}{3}$	$(\text{Mg}, \text{Fe})^3 \ddot{\text{Si}}, \text{H}^{12}$
Sideroschisolith	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\text{Fe}^6 \ddot{\text{Si}}, \text{H}^3$
Villarsit	1	1	$\frac{1}{4}$	$(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})^{12} \ddot{\text{Si}}^4$
Kieselzinkerz	1	1	$\frac{1}{2}$	$\text{Zn}^6 \ddot{\text{Si}}^2, \text{H}^3$
oder			$\frac{2}{3}$	$\text{Zn}^3 \ddot{\text{Si}}, \text{H}^3$
Mangankiesel, schwarzer	1	1	1	$\text{Mn}^3 \ddot{\text{Si}}, \text{H}^3 ?$
Cerit				$(\text{Ce}, \text{La}, \text{Fe})^3 \ddot{\text{Si}}, \text{H}^3$
Serpentin	1	$\frac{4}{3}$	$\frac{2}{3}$	$(\text{Mg}, \text{Fe})^9 \ddot{\text{Si}}^4, \text{H}^6$
Metaxit, Kühn				
Talksilicat v. Zermatt			1	- , H^6
Antigorit	1	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\text{R}^4 \ddot{\text{Si}}^2, \text{H}^2$
oder			$\frac{1}{3}$	$\text{R}^{10} \ddot{\text{Si}}^5, \text{H}^2$
Chrysotil			3	$\text{R}^4 \ddot{\text{Si}}^2, \text{H}^3, \text{R. v. K.}$
oder		$\frac{9}{7}$	$\frac{5}{7}$	$\text{R}^7 \ddot{\text{Si}}^3, \text{H}^5, \text{Deless}$
Hydrophit	1	$\frac{3}{2}$	1	$\text{R}^2 \ddot{\text{Si}}, \text{H}^2 ?$
Gymnit			$\frac{3}{2}$	$\text{Mg}^2 \ddot{\text{Si}}, \text{H}^3$
Schillerspath	1	$\frac{8}{5}$	$\frac{3}{5}$	$\text{R}^{15} \ddot{\text{Si}}^8, \text{H}^9, \text{Köhler}$
oder		$\frac{9}{5}$	$\frac{4}{5}$	$\text{R}^5 \ddot{\text{Si}}^3, \text{H}^4, \text{R.}$
Retinalith			$\frac{8}{5}$	$(\text{Na}, \text{Mg})^5 \ddot{\text{Si}}^3, \text{H}^3$
Monradit	1	2	$\frac{1}{4}$	$(\text{Mg}, \text{Fe})^{12} \ddot{\text{Si}}^8, \text{H}^3$
Pikrosmin			$\frac{1}{2}$	$\text{Mg}^6 \ddot{\text{Si}}^4, \text{H}^3$
Aphrodit			$\frac{2}{3}$	$\text{Mg}^3 \ddot{\text{Si}}^2, \text{H}^2$
Pikrophyll				
				$(\text{Mg}, \text{Fe})^3 \ddot{\text{Si}}^2, \text{H}^2$
Diopas	1	2	1	$\text{Cu}^3 \ddot{\text{Si}}^2, \text{H}^3$
Kieselkupfer			2	$\text{Cu}^3 \ddot{\text{Si}}^2, \text{H}^6$
Dermatin				$(\text{Mg}, \text{Fe})^3, \ddot{\text{Si}}^2, \text{H}^6$

1) Ist nach Connel ein Carbonat. S. das System, Abthlg. Carbonate

2) $\text{R} = \text{Mg}, \text{Fe}$. — 3) $\text{R} = \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}$.

	R.	Si.	H.	
Pektolith	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$(\text{Ca}, \text{Na}, \text{K})^1 \text{Si}^{11}, \text{H}^3$
Spadait	1	$\frac{1}{5}$	$\frac{4}{5}$	$\text{Mg}^5 \text{Si}^4, \text{H}^4$
Kerolith *	1	$\frac{5}{2}$	$\frac{4}{3}$	$\text{Mg}^6 \text{Si}^5, \text{H}^8, \text{Delesse}$
oder		2	$\frac{3}{2}$	$\text{Mg}^6 \text{Si}^4, \text{H}^9, \text{Kühn}$
Krokydolith	1	$\frac{5}{2}$	x	$(\text{Na}, \text{Fe})^6 \text{Si}^5, \text{H}^x$
Pimelith	1	3	$\frac{1}{2}$	$(\text{Ni}, \text{Mg})^2 \text{Si}^2, \text{H}$
Meerschäum			1	MgSi, H
und			2	- , H^2
Chlorophäit	1	3	6	FeSi, H^6
Okenit	1	4	2	$\text{Ca}^3 \text{Si}^4, \text{H}^6$

II. Silicate von Basen R.

A. Wasserfreie.

	R.	Si.	
Staurolith * v. St. Gott- hardt	1	$\frac{1}{2}$	$(\text{Al}, \text{Fe})^2 \text{Si}$
Staurolith * v. Airolo			$(\text{Al}, \text{Fe})^3 \text{Si}^2$
Cyanit			
Sog. Andalusit *	1	$\frac{2}{3}$	$\text{Al}^3 \text{Si}^2$
Sillimanit * ?			
Talksteinmark			
Andalusit *			
Chiastolith	1	$\frac{3}{4}$	$\text{Al}^4 \text{Si}^3$
Fibrolith			
Staurolith * v. Ural Bretagne	1	$\frac{4}{3}$	$(\text{Al}, \text{Fe})^5 \text{Si}^4$
Xenolith			
Bucholzit ?	1	1	AlSi
Sillimanit ?			

	$\ddot{\text{R.}}$	$\ddot{\text{Si.}}$	
Zirkon } Malakon }	1 : 1	} $\ddot{\text{Zr}} \ddot{\text{Si}}$	
Bamlit	1 : $\frac{3}{2}$		
Agalmatolith *	1 : 3	$\ddot{\text{Al}} \ddot{\text{Si}}^3$, Lychn.	

B. Wasserhaltige.

	$\ddot{\text{R.}}$	$\ddot{\text{Si.}}$	$\ddot{\text{H.}}$		
Opalin-Allophan	1	$\frac{1}{2}$	2	$\ddot{\text{Al}}^2 \ddot{\text{Si}}, \ddot{\text{H}}^1$	
Allophan	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{5}{3}$	$\ddot{\text{Al}}^3 \ddot{\text{Si}}^2, \ddot{\text{H}}^1$	
Kieselsinter v. Freiberg			2	$(\ddot{\text{Fe}}, \ddot{\text{Mn}})^3 \ddot{\text{Si}}^2, \ddot{\text{H}}^1$	
Wörthit	1	$\frac{5}{6}$	$\frac{1}{6}$	$\ddot{\text{Al}}^6 \ddot{\text{Si}}^6, \ddot{\text{H}}^3$	
Pholerit	}	1	1	$\frac{2}{3}$	$\ddot{\text{Al}}, \ddot{\text{Si}}, \ddot{\text{H}}^2$
Steinmark z. Th.					
Plinthit				1	$(\ddot{\text{Al}}, \ddot{\text{Fe}}) \ddot{\text{Si}}, \ddot{\text{H}}^3$
Kaolin	1	1	$\frac{2}{3}$	$\ddot{\text{Al}} \ddot{\text{Si}}, \ddot{\text{H}}^2, \text{Brongn.}$	
					Mala
oder	1	$\frac{4}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\ddot{\text{Al}}^3 \ddot{\text{Si}}^4, \ddot{\text{H}}^6, \text{Forchh}$	
- v. Passau	}	1	$\frac{3}{2}$	1	$\ddot{\text{Al}}^2 \ddot{\text{Si}}^3, \ddot{\text{H}}^6$
Eisensteinmark					
Razoumowskin	1	2	1	$\ddot{\text{Al}} \ddot{\text{Si}}^2, \ddot{\text{H}}^3$	
Erinit			2	$(\ddot{\text{Fe}}, \ddot{\text{Al}}) \ddot{\text{Si}}^2, \ddot{\text{H}}^6$	
Anthosiderit	1	3	$\frac{1}{3}$	$\ddot{\text{Fe}} \ddot{\text{Si}}^3, \ddot{\text{H}}$	
Pyrophyllit v. Spaa	}			1	$\ddot{\text{Al}} \ddot{\text{Si}}^3, \ddot{\text{H}}^3$
Cimolit					
Rhodalith	1	4	3	$(\ddot{\text{Fe}}, \ddot{\text{Al}}) \ddot{\text{Si}}^4, \ddot{\text{H}}^9$	

III. Silicate von Basen \ddot{R} und \ddot{R} .

A. Wasserfreie.

	\ddot{R} .	\ddot{R} .	\ddot{Si} .	
Polyadelphit * ¹⁾ ²⁾	1 :	$\frac{1}{6}$:	2	$\ddot{R}^{18}, \ddot{Al}, \ddot{Si}^{12}$
Boltonit	1 :	$\frac{1}{4}$:	2	$\ddot{Mg}^{12}, (\ddot{Al}, \ddot{Fe}), \ddot{Si}^8 ?$
Polylith	1 :	$\frac{1}{3}$:	$\frac{3}{2}$	$\ddot{R}^{18}, \ddot{Al}^2, \ddot{Si}^9 ?$
Gedrit	1 :	$\frac{1}{3}$:	$\frac{5}{3}$	$(\ddot{Fe}, \ddot{Mg})^9, \ddot{Al}, \ddot{Si}^8 ?$
Humboldtilith	1 :	$\frac{1}{2}$:	$\frac{3}{2}$	$(\ddot{Ca}, \ddot{Mg}, \ddot{K})^6, \ddot{Al}, \ddot{Si}^3$
Raphilith	1 :	$\frac{1}{2}$:	$\frac{7}{2}$	$(- - -)^6, \ddot{Al}, \ddot{Si}^7 ?$
Lievrit	1 :	$\frac{2}{3}$:	$\frac{4}{3}$	$(\ddot{Fe}, \ddot{Ca})^9, \ddot{Fe}^2, \ddot{Si}^4$
Allanit				$\ddot{R}^9, \ddot{Al}^2, \ddot{Si}^5$
Cerin ³⁾	1 :	$\frac{2}{3}$:	$\frac{5}{3}$	$\ddot{R}^9, (\ddot{Al}, \ddot{Fe})^2, \ddot{Si}^5$
Orthit ⁴⁾				$\ddot{R}^9, \ddot{Al}^2, \ddot{Si}^5$
Jeffersonit *, Thoms.			$\frac{7}{3}$	$\ddot{R}^9, \ddot{Al}^2, \ddot{Si}^7 ?$
Glaukophan			$\frac{10}{3}$	$\ddot{R}^9, \ddot{Al}^2, \ddot{Si}^{10}$
Xanthit	1 :	$\frac{6}{7}$:	$\frac{8}{2}$	$(\ddot{Ca}, \ddot{Mn})^{14}, \ddot{R}^4, \ddot{Si}^7 ?$
oder		$\frac{4}{9}$:	$\frac{4}{3}$	$\ddot{R}^{27}, \ddot{Al}^4, \ddot{Si}^{12} ?$
Gehlenit	1 :	1 :	$\frac{4}{3}$	$(\ddot{Ca}, \ddot{Mg}, \ddot{Fe})^6, (\ddot{Al}, \ddot{Fe})^3, \ddot{Si}^4$
Euklas	1 :	1 :	$\frac{3}{2}$	$\ddot{Be}^6, \ddot{Al}^2, \ddot{Si}^3$
Sarkolith				$(\ddot{Na}, \ddot{Ca})^3, \ddot{Al}, \ddot{Si}^2$
Grauat				$\left\{ \ddot{R}^3, \ddot{R}, \ddot{Si}^2 \right.$
Vesuvian			2	
Glimmer *, einaxiger				$(\ddot{K}, \ddot{Mg}, \ddot{Fe})^3, (\ddot{Al}, \ddot{Fe}), \ddot{Si}^2$
Polyadelphit *				$\ddot{R}^3, (\ddot{Al}, \ddot{Fe}), \ddot{Si}^2$

1) Wegen der Unsicherheit, welche in Betreff des Oxydationsgrades vom Eisen bei vielen Silicaten herrscht, sind dieselben oft an zwei verschiedenen Stellen aufgeführt, einmal mit Berechnung des Eises als \ddot{Fe} , das andere Mal als \ddot{Fe} . Gewiss enthalten sie nicht selten beide, und ihre Zusammensetzung ist deshalb noch nicht mit Sicherheit anzugeben.

2) $\ddot{R} = \ddot{Ca}, \ddot{Mg}, \ddot{Fe}, \ddot{Mn}$. — 3) $\ddot{R} = \ddot{Ca}, \ddot{Ce}, \ddot{Fe}$. — 4) $\ddot{R} = \ddot{Ca}, \ddot{Ce}, \ddot{Y}, \ddot{Fe}$.

	\dot{R} .	\ddot{R} .	\ddot{Si} .	
Nuttalith ¹⁾	1	1	$\frac{5}{2}$	$\dot{R}^6, \ddot{Al}^2, \ddot{Si}^3$
Tachylith ²⁾			3	$\dot{R}^3, \ddot{Al}, \ddot{Si}^3$
Beryll				$\dot{Be}^3, \ddot{Al}, \ddot{Si}^4$
Wichtyn ³⁾ }			4	$\dot{R}^3, \ddot{R}, \ddot{Si}^4$
Perthit	1	$\frac{4}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\dot{Mg}^9, \ddot{Al}^4, \ddot{Si}^{2*} ?$
Isopyr *	1	$\frac{3}{2}$	6	$(\dot{Ca}, \dot{Fe})^2, \ddot{Al}, \ddot{Si}^4$
Mejonit ⁴⁾				
Epidot ⁵⁾				
Thulit ⁶⁾				
Puschkinit ⁷⁾	1	2	3	$\dot{R}^3, \ddot{R}^2, \ddot{Si}^3$
Manganepidot ⁸⁾				
Saussurit ⁹⁾				
Skapolith				
Porcellanspath }	1	2	4	$(\dot{Na}, \dot{Ca})^3, \ddot{Al}^2, \ddot{Si}^4$
Weissit	1	2	6	$(\dot{Ca}, \dot{Mg}, \dot{Fe})^3, \ddot{Al}^2, \ddot{Si}^6$
Porcellanspath * ¹⁰⁾	1	$\frac{9}{4}$	$\frac{9}{2}$	$(\dot{Na}, \dot{Ca})^4, \ddot{Al}^3, \ddot{Si}^6$ (1)
Dipyr	1	$\frac{9}{4}$	$\frac{2}{4}$	$(\dot{Na}, \dot{Ca})^4, \ddot{Al}^3, \ddot{Si}^7$
Chloritoid *, Erdm.	1	3	2	$\dot{Fe}^3, \ddot{Al}^3, \ddot{Si}^2$
Wernerit * ¹¹⁾				
Anorthit ¹²⁾				
Indianit ¹³⁾				
Amphodelith ¹⁴⁾	1	3	4	$\dot{R}^3, \ddot{R}^3, \ddot{Si}^4$
Wehrlit ¹⁵⁾				
Lepidomelan ¹⁶⁾				

1) $\dot{R} = \dot{Ca}, \dot{Na}, \dot{Fe}$. — 2) $\dot{R} = \dot{Ca}, \dot{Mg}, \dot{K}, \dot{Fe}$. — 3) $\dot{R} = \dot{Na}, \dot{Ca}, \dot{Mg}$,
— 4) $\dot{R} = \dot{Ca}$ $\ddot{R} = \ddot{Al}$. — 5) $\dot{R} = \dot{Ca}$ $\ddot{R} = \ddot{Al}, \ddot{Fe}$. — 6) $\dot{R} = \dot{Ca}, \dot{Fe}$
 $\ddot{R} = \ddot{Al}$. — 7) $\dot{R} = \dot{Ca}, \dot{Mg}, \dot{Fe}$ $\ddot{R} = \ddot{Al}, \ddot{Fe}$. — 8) $\dot{R} = \dot{Ca}, \dot{Mn}, \dot{Fe}$
 $\ddot{R} = \ddot{Al}, \ddot{Fe}, \ddot{Mn}$. — 9) $\dot{R} = \dot{Ca}, \dot{Mg}, \dot{Fe}, \dot{Na}$ $\ddot{R} = \ddot{Al}$.

10) Enthält nach neueren Versuchen NaCl.

11) $\dot{R} = \dot{Ca}$ $\ddot{R} = \ddot{Al}$. — 12) $\dot{R} = \dot{Ca}$ $\ddot{R} = \ddot{Al}$. — 13) $\dot{R} = \dot{Ca}, \dot{Na}$ $\ddot{R} = \ddot{Al}$.
— 14) $\dot{R} = \dot{Ca}, \dot{Mg}$ $\ddot{R} = \ddot{Al}$ — 15) $\dot{R} = \dot{Ca}, \dot{Fe}$ $\ddot{R} = \ddot{Fe}$ —
16) $\dot{R} = \dot{K}, \dot{Fe}$ $\ddot{R} = \ddot{Fe}, \ddot{Al}$.

	R.	Ř.	Ši.	
Nephelin, Eläolith	1	3	$\frac{9}{2}$	(K, Na) ² , Äl ² , Ši ³
Wernerit *, Wolff				Ca ² , Äl ² , Ši ³
Barsowit	1	3	5	Ca ³ , Äl ³ , Ši ⁵
Bytownit				(Ca, Na) ³ , (Äl, Fe) ³ , Ši ⁵
Cordierit				(Mg, Fe) ³ , (Äl, Fe) ³ , Ši ⁵
Ryakolith	1	3	6	(K, Na), Äl, Ši ²
Labrador				(Na, Ca), Äl, Ši ²
Isopyr *				Ca, (Äl, Fe), Ši ²
Pinit * v. Auvergne, Stolpen				(K, Mg, Fe), Äl, Ši ²
Leucit	1	3	8	K ³ , Äl ³ , Ši ⁸
Andesin				(Na, Ca) ³ , Äl ³ , Ši ⁸
Oligoklas	1	3	9	(Na, Ca), Äl, Ši ³
Achmit				Na, Fe, Ši ³
Feldspath ¹⁾ bis ⁴⁾ (Albit, Periklin)	1	3	12	R, Äl, Ši ⁴
Saphirin	1	4	1	(Mg, Fe) ³ , Äl ⁴ , Ši [?]
Diploit	1	4	5	(Ca, Mg, K) ³ , Äl ⁴ , Ši ⁵ ?
Spodumen	1	4	12	(Li, Na) ³ , Äl ⁴ , Ši ¹²
Petalit	1	4	20	- - - , Ši ²⁰
Kastor	1	6	27	Li, Äl ² , Ši ⁹

B. Wasserhaltige.

	R.	Ř.	Ši.	H.	
Pyralolith	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{27}{10}$	$\frac{3}{10}$	(Mg, Ca) ¹⁰ , (Äl, Fe) ² , Ši ²⁷ , H ³
Metaxit	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3}{4}$	Mg ¹² , (Äl, Fe), Ši ⁶ , H ⁹
Saponit *	1	$\frac{2}{7}$	$\frac{13}{7}$	$\frac{5}{7}$	Mg ⁶ , (Äl, Fe), Ši ² , H ⁶
Steatit *	1	$\frac{1}{2}$	1	1	Mg ⁶ , (Äl, Fe), Ši ² , H ⁶ ?

1) R=K. — 2) R=Na. — 3) R=K, Na. — 4) R=Na, K.

	\ddot{R} .	\ddot{R} .	\ddot{Si} .	\ddot{H} .	
Pyrosklerit	1:	$\frac{1}{2}$:	$\frac{2}{3}$:	$\frac{2}{3}$:	$(\dot{Mg}, \dot{Fe})^6, \ddot{Al}, \ddot{Si}^3, \ddot{H}^{11}$
Kämmererit				1	$\dot{Mg}^6, \ddot{Al}, \ddot{Si}^3, \ddot{H}^6$
Seifenstein *	1:	$\frac{1}{2}$:	$\frac{2}{3}$:	1	$\dot{Mg}^6, \ddot{Al}, \ddot{Si}^3, \ddot{H}^6$
und				$\frac{6}{5}$	\ddot{H}^{10}
Stilpnomelan	1:	$\frac{1}{2}$:	3:	1	$\dot{Fe}^6, \ddot{Al}, \ddot{Si}^6, \ddot{H}^6$
Thuringit	1:	$\frac{2}{3}$:	$\frac{4}{3}$:	$\frac{4}{3}$:	$\dot{Fe}^9, \ddot{Fe}^2, \ddot{Si}^4, \ddot{H}^{12}$
Chonikrit	1:	$\frac{2}{3}$:	$\frac{5}{3}$:	$\frac{2}{3}$:	$(\dot{Mg}, \dot{Ca})^9, \ddot{Al}^2, \ddot{Si}^5, \ddot{H}^6$
oder viell.		$\frac{3}{4}$:	$\frac{3}{2}$:	$\frac{3}{4}$:	$\dot{R}^4, \ddot{Al}, \ddot{Si}^2, \ddot{H}^3$
Ripidolith	1:	$\frac{3}{4}$:	1:	$\frac{3}{4}$:	$(\dot{Mg}, \dot{Fe})^{12}, (\ddot{Al}, \ddot{Fe})^8,$ $\ddot{Si}^4, \ddot{H}^9, R$
oder		$\frac{3}{4}$:	$\frac{9}{8}$:	$\frac{3}{4}$:	$(\dot{Mg}, \dot{Fe})^8, \ddot{Al}^2, \ddot{Si}^3, \ddot{H}^6$
oder		$\frac{1}{2}$:	1:	$\frac{1}{2}$:	$(\dot{Mg}, \dot{Fe})^6, \ddot{Al}, \ddot{Si}^2, \ddot{H}^3,$ v. Kob. Varrentr.
Chlorit (Pennin, Leuchtenbergit)	1:	$\frac{3}{4}$:	$\frac{5}{4}$:	$\frac{3}{4}$:	$\dot{Mg}^{12}, (\ddot{Al}, \ddot{Fe})^8, \ddot{Si}^5, \ddot{H}^9$ R., Marign.
oder		$\frac{3}{5}$:	$\frac{6}{5}$:	$\frac{4}{5}$:	$\dot{R}^5, \ddot{Al}, \ddot{Si}^2, \ddot{H}^4,$ v. Kob. Varrentr. $\dot{R}^5, \ddot{R}, \ddot{Si}^2, \ddot{H}^4, Herm.$
Steatit * v. Ural	}	1:	1:	1:	$\dot{Mg}^3, \ddot{Al}, \ddot{Si}, \ddot{H}^3$
Cronstedtit					$(\dot{Fe}, \dot{Mn}, \dot{Mg})^3, \ddot{Fe}, \ddot{Si}, \ddot{H}^3$
Glottalith		1:	1:	3:	$\dot{Ca}^3, \ddot{Al}, \ddot{Si}^3, \ddot{H}^9$
Kerolith *				5	$\dot{Mg}^3, \ddot{Al}, \ddot{Si}^3, \ddot{H}^{15} ?$
Bergholz v. Sterzing		1:	1:	$\frac{5}{3}$:	$\dot{Mg}^3, \ddot{Fe}, \ddot{Si}^5, \ddot{H}^5$
Prehnit		1:	$\frac{3}{4}$:	3:	$\dot{Ca}^2, (\ddot{Al}, \ddot{Fe}), \ddot{Si}^2, \ddot{H}$
Groppit *				$\frac{1}{2}$:	$(\dot{Mg}, \dot{Ca}, \dot{K})^2, \dot{R}^2, \ddot{Si}^2, \ddot{H}$
Seybertit ¹⁾		1:	$\frac{3}{2}$:	$\frac{3}{4}$:	$\dot{R}^4, \ddot{Al}^2, \ddot{Si}, \ddot{H} ?$

1) $\dot{R} = \dot{Ca}, \dot{Mg}, \dot{Fe}$.

	\dot{R} . \ddot{R} . \ddot{Si} . \dot{H} .	
Xanthophyllit	$1 : \frac{7}{4} : \frac{3}{4} : \frac{1}{3}$	$\dot{R}^{12}, \ddot{Al}^7, \ddot{Si}^3, \dot{H}^4 ?$
Chloritoid *		
Bonsd.	$1 : 2 : \frac{5}{3} : \frac{2}{3}$	$(\dot{Mg}, \dot{Fe})^9, \ddot{Al}^6, \ddot{Si}^5, \dot{H}^6$
Zeuxit	$1 : 2 : 3 : \frac{2}{3}$	$(\dot{Ca}, \dot{Fe})^3, (\ddot{Al}, \ddot{Fe})^2,$ \ddot{Si}^3, \dot{H}^2
Praseolith	: 1	$(\dot{Mg}, \dot{Fe})^3, (\ddot{Al}, \ddot{Fe})^2,$ \ddot{Si}^3, \dot{H}^3
Ottrelith ¹⁾	1 : 2 : 4 : 1	$\dot{R}^3, \ddot{Al}^2, \ddot{Si}^4, \dot{H}^3$
Groppit * ²⁾		
Svanberg		
Palagonit ³⁾	: 3	$\dot{R}^3, \ddot{R}^2, \ddot{Si}^4, \dot{H}^9$
Iberit	1 : 3 : 4 : 1	$(\dot{Fe}, \dot{K})^3, \ddot{Al}^3, \ddot{Si}^4, \dot{H}^3$
Karpholith	: 2	$(\dot{Fe}, \dot{Mn})^3, - , - \dot{H}^6 ?$
Thomsonit		
(Comptonit)	: $\frac{7}{3}$	$(\dot{Na}, \dot{Ca})^3, - , - \dot{H}^7$
Gismondin *	$1 : 3 : \frac{9}{2} : \frac{9}{2}$	$(\dot{Ca}, \dot{K})^2, \ddot{Al}^2, \ddot{Si}^3, \dot{H}^9$
		Marign.
Pinit v. Penig	1 : 3 : 5 : $\frac{2}{3}$	$(\dot{Fe}, \dot{K})^3, (\ddot{Al}, \ddot{Fe})^3, \ddot{Si}^5, \dot{H}^2$
Bonsdorffit		$(\dot{Fe}, \dot{Mg})^3, (\ddot{Al}, \ddot{Fe})^3, \ddot{Si}^5, \dot{H}^2$
Esmarkit	: 1	$\dot{R}^3, \ddot{Al}^3, \ddot{Si}^5, \dot{H}^3$
Chlorophyllit ⁴⁾	: $\frac{4}{3}$	$\dot{R}^3, \ddot{Al}^3, \ddot{Si}^5, \dot{H}^4$
Fahlunit	: 2	$\dot{R}^3, (\ddot{Al}, \ddot{Fe})^3, \ddot{Si}^5, \dot{H}^6$
Brevicit		$(\dot{Na}, \dot{Ca})^3, \ddot{Al}^3, - , -$
Mesole	: $\frac{8}{3}$	$- - , - , - , \dot{H}^8 ?$
Xylith	1 : 3 : 6 : 1	$(\dot{Ca}, \dot{Mg}), \ddot{Al}, \ddot{Si}^2, \dot{H}$
Gigantolith		$(\dot{Fe}, \dot{Mg}, \dot{K}), - - , -$
Mesotyp (Natrolith)	1 : 3 : 6 : 2	$\dot{Na}, \ddot{Al}, \ddot{Si}^2, \dot{H}^2$

1) $\dot{R} = \dot{Fe}, \dot{Mn}$. — 2) $\dot{R} = \dot{Mg}, \dot{Ca}, \dot{K}$ — 3) $\dot{R} = \dot{Ca}, \dot{Mg}, \dot{Na}, \dot{K}$
 $\ddot{R} = \ddot{Al}, \ddot{Fe}$. — 4) $\dot{R} = \dot{Mg}, \dot{Fe}$.

	$\dot{R}.$ $\ddot{R}.$ $\ddot{Si}.$ $\dot{H}.$	
Mesolith * (kalkhalt. Mesotyp)	1 : 3 : 6 : 2	(\dot{Na} , \dot{Ca}), \ddot{Al} , \ddot{Si}^2 , \dot{H}^2
Lehuntit		\dot{Na} , \ddot{Al} , \ddot{Si}^2 , \dot{H}^2
Skolecit		\dot{Ca} , - , - , -
Caporcianit	: 3	- , - , - , - ?
Mesolith * (natronhalt. Skolecit)		(\dot{Ca} , \dot{Na}) - , - , - ,
Phillipsit * v. Vesuv	: $\frac{7}{2}$	(\dot{K} , \dot{Ca}) ² , \ddot{Al}^2 , \ddot{Si}^4 , \dot{H}^7 , Marign.
Pyrargillit	: 4	(\dot{Mg} , \dot{Fe}), \ddot{Al} , \ddot{Si}^2 , \dot{H}^4
Hisingerit	: 6	\dot{Fe} , \ddot{Fe} , \ddot{Si}^2 , \dot{H}^6 ?
Phakolith	1 : 3 : $\frac{1}{2}$: $\frac{9}{2}$	\dot{Ca}^2 , \ddot{Al}^2 , \ddot{Si}^4 , \dot{H}^9 , R.
oder	1 : 2 : 5 : 3	\dot{Ca}^3 , \ddot{Al}^2 , \ddot{Si}^5 , \dot{H}^9 , Anders.
Saccharit	1 : 3 : 8 : $\frac{1}{2}$	(\dot{Na} , \dot{Ca}) ⁶ , \ddot{Al}^6 , \ddot{Si}^{10} , \dot{H}^8
Analcim		\dot{Na}^3 , \ddot{Al}^3 , \ddot{Si}^6 , \dot{H}^6
Ledererit	: 2	(\dot{Na} , \dot{Ca}) ³ , \ddot{Al}^3 , \ddot{Si}^3 , \dot{H}^6
Cluthalith	: 3	(\dot{Fe} , \dot{K}) ³ , - , - , \dot{H}^3
Laumontit *	: 4	\dot{Ca}^3 , \ddot{Al}^3 , \ddot{Si}^6 , \dot{H}^{12}
Phillipsit * von Irland 1)	: 5	(\dot{Ca} , \dot{Na} , \dot{K}) ³ , \ddot{Al}^3 , \ddot{Si}^6 , \dot{H}^{15} , Conn.
Herschelit		(\dot{Na} , \dot{Ca}) ³ , \ddot{Al}^3 , \ddot{Si}^6 , \dot{H}^{15}
Chabasit *	: 6	\dot{Ca}^3 , - , - , \dot{H}^{18}
Gmelinit		(\dot{Na} , \dot{Ca}) ³ , - , - , -
Chabasit *	1 : 3 : 9 : 6	\dot{Ca} , \ddot{Al} , \ddot{Si}^3 , \dot{H}^6
Faujasit	1 : 3 : 10 : 8	(\dot{Na} , \dot{Ca}) ³ , \ddot{Al}^3 , \ddot{Si}^{10} , \dot{H}^{24}
Aedelforsit	1 : 3 : 12 : 4	\dot{Ca} , \ddot{Al} , \ddot{Si}^4 , \dot{H}^4
Brewsterit	: 5	(\dot{Ba} , \ddot{Sr}), \ddot{Al} , \ddot{Si}^4 , \dot{H}^5 , R.
Stilbit	: 6	\dot{Ca} , \ddot{Al} , \ddot{Si}^4 , \dot{H}^6

1) Uebereinstimmend mit L. Gmelin's Analysen.

	$\dot{R}.$ $\ddot{R}.$ $\ddot{Si}.$ $\dot{H}.$	
Sismondin	$1 : \frac{1}{4}^5 : \frac{9}{4} : \frac{5}{4}$	$\dot{Fe}^4, \ddot{Al}^5, \ddot{Si}^3, \dot{H}^5, Del. ?$
Harmotom *	$1 : \frac{7}{2} : 11 : 6$	$\dot{Ba}^6, \ddot{Al}^7, \ddot{Si}^{22}, \dot{H}^{36}, Köhl.$
Harmotom *	$1 : 4 : 10 : 6$	$\dot{Ba}^3, \ddot{Al}^4, \ddot{Si}^{10}, \dot{H}^{18},$ v. Kobell
Phillipsit *		$(\dot{Ca}, \dot{K})^3, \ddot{Al}^4, \ddot{Si}^{10}, \dot{H}^{18}$ Köhl.
Laumontit *		$\dot{Ca}^3, -, -, -$ (die früh. Analys.)
Huronit	$1 : 4 : 6 : 1$	$(\dot{Ca}, \dot{Fe})^3, \ddot{Al}^4, \ddot{Si}^6, \dot{H}^3$
Aspasiolith	$1 : 4 : 7 : \frac{5}{3}$	$(\dot{Mg}, \dot{Fe})^3, \ddot{Al}^4, \ddot{Si}^7, \dot{H}^5$
Pinit v. Aue	: 2	$(\dot{Fe}, \dot{K})^3, \ddot{Al}^4, \ddot{Si}^7, \dot{H}^6$
Chalilith	: 4	$(\dot{Fe}, \dot{Ca}, \dot{K})^3, (\ddot{Al}, \ddot{Fe})^4,$ $\ddot{Si}^7, \dot{H}^{12} ?$
Zeagonit (Gismondin *)	: 5	$\dot{Ca}^3, \ddot{Al}^4, \ddot{Si}^7, \dot{H}^{15}$
Leonhardit	$1 : 4 : 11 : 5$	$\dot{Ca}^3, \ddot{Al}^4, \ddot{Si}^{11}, \dot{H}^{15}$
Heulandit (Beaumontit)	$1 : 4 : 15 : 6$	$\dot{Ca}^3, \ddot{Al}^4, \ddot{Si}^{15}, \dot{H}^{18}$
Diphanit	$1 : \frac{9}{2} : \frac{1}{4}^5 : 1$	$(\dot{Ca}, \dot{Fe})^4, \ddot{Al}^6, \ddot{Si}^5, \dot{H}^4$
Polyargit	$1 : 5 : 7 : \frac{4}{3}$	$(\dot{K}, \dot{Ca})^3, \ddot{Al}^5, \ddot{Si}^7, \dot{H}^4$
Poonahlith	$1 : 5 : 8 : 4$	$\dot{Ca}^3, \ddot{Al}^5, \ddot{Si}^8, \dot{H}^{12}$
Antrimolith	: 5	$(\dot{K}, \dot{Ca})^3, \ddot{Al}^5, \ddot{Si}^8, \dot{H}^{15}$
oder viell.	$1 : 6 : 9 : 5$	$\dot{R}, \ddot{Al}^2, \ddot{Si}, \dot{H}^5$
Onkosin	$1 : 5 : 10 : \frac{3}{2}$	$(\dot{K}, \dot{Mg})^6, \ddot{Al}^{10}, \ddot{Si}^{20}, \dot{H}^9 ?$
Neurolith	$1 : 5 : 24 : 2$	$(\dot{Mg}, \dot{Ca})^3, \ddot{Al}^5, \ddot{Si}^{24}, \dot{H}^6 ?$
Rosellit	$1 : 6 : 8 : 2$	$(\dot{Mg}, \dot{Ca}, \dot{K})^3, \ddot{Al}^6, \ddot{Si}^8, \dot{H}^6$
Killinit	$1 : 6 : 12 : 4$	$(\dot{K}, \dot{Fe}), \ddot{Al}^2, \ddot{Si}^4, \dot{H}^4 ?$
Pinguit	: 15	$\dot{Fe}, \ddot{Fe}^2, \ddot{Si}^4, \dot{H}^{15}$
Damourit	$1 : 9 : 12 : 2$	$\dot{K}, \ddot{Al}^3, \ddot{Si}, \dot{H}^2$
Pyrophyllit *, vom Ural (Vermiculit)	$1 : 9 : 20 : 3$	$\dot{Mg}^3, \ddot{Al}^9, \ddot{Si}^{20}, \dot{H}^9$

	R. R̄. Si. H.	
Epistilbit	1: 9 : 30: 5	(Na, Ca), Al ³ , Si ⁴ , H ⁺
Agalmatolith *	1: 12: 21: 3	K, Al ³ , Si ⁴ , H ⁺ ?

Ein Blick auf die im Vorstehenden mitgetheilten Sauerstoffproportionen in den Silicaten lehrt sogleich, daß neben vielen sehr einfachen auch solche in nicht unbedeutlicher Zahl vorkommen, welche zu einer wiederholten Untersuchung auffordern. Obgleich wir alle diejenigen Substanzen nicht mit aufgenommen haben, welche offenbar aus der Zersetzung anderer Silicate hervorgegangen sind, und demgemäß fast nie bestimmte Verbindungen repräsentiren, so möchten doch auch noch manche der angeführten zu dieser Klasse gehören. Bei anderen ist gewiß oft mindere Reinheit der untersuchten Probe der Grund des mangelnden einfachen Verhältnisses. Zwei Umstände kommen aber außerdem noch in Betracht für die Deutung der Silicatmischungen. Der eine oben bereits angedeutete, der viele Formeln unsicher macht, ist der Oxydationsgrad des Eisens. Der andere liegt in der Rolle, welche die *Thonerde* (auch das mit ihr isomorphe Fe und die Basen R̄ überhaupt) in den Silicaten spielt. Während sie in der Mehrzahl der Fälle als Basis auftritt, und dann eben so viel oder mehr Sauerstoff als die Basen R̄ enthält, kommt sie in manchen Silicaten in geringerer Menge vor, so daß ihr Sauerstoffgehalt geringer ist als der der Basen R̄. Die Thonerde enthaltenden Hornblenden und Augite haben zuerst die Ansicht hervorgerufen, daß die Thonerde auch als elektronegativer und die Kieselsäure ersetzender Bestandtheil vorhanden seyn könne, die dadurch unterstützt wird, daß beide Körper demselben Krystallsystem angehören, und daß ihre Atomvolumen in einem einfachen Verhältniß zu einander stehen, was ohne Zweifel eine Grundbedingung für die Isomorphie ist. Da jenes Verhältniß, wie es scheint, das

von 2 : 3 ist, so würden 3 At. $\ddot{\text{Al}}$ die Stelle von 2 At. $\ddot{\text{Si}}$ einnehmen können. Scheerer hat noch vor Kurzem durch Berechnung der Analysen von Augiten, Hornblenden und verwandten Mineralien die einfachen Sauerstoffproportionen dargethan, welche sich unter dieser Annahme ergeben ¹⁾, und wir wollen hier nur eine Zusammenstellung der Silicate versuchen, welche, wenn in ihnen die Thonerde (und das Eisenoxyd) der Kieselsäure hinzugerechnet wird, einfache Sauerstoffverhältnisse und eben solche Formeln geben.

A. Wasserfreie.

$$1) \text{ Sauerstoff von } \dot{\text{R}} \text{ und } (\ddot{\text{Si}} + \ddot{\text{Al}}) = 1 : 2 \quad \dot{\text{R}}^3(\ddot{\text{Si}}, \ddot{\text{R}})^2.$$

Thonerdehaltige Augite, Diallag (Broncit),
Hypersthen, Gedrit, Polylith, Xanthit (?),
Humboldttilith, Lievrit.

$$2) \dot{\text{R}} : (\ddot{\text{Si}} + \ddot{\text{R}}) = 1 : 2\frac{1}{2}. \quad \dot{\text{R}}^4(\ddot{\text{Si}}, \ddot{\text{R}})^3.$$

Hornblende.

$$3) \dot{\text{R}} : (\ddot{\text{Si}} + \ddot{\text{R}}) = 1 : 3. \quad \dot{\text{R}}(\ddot{\text{Si}}, \ddot{\text{R}}).$$

Jeffersonit, Thoms. ²⁾.

$$4) \dot{\text{R}} : (\ddot{\text{Si}} + \ddot{\text{R}}) = 1 : 4. \quad \dot{\text{R}}^3(\ddot{\text{Si}}, \ddot{\text{R}})^4.$$

Raphilith, Glaukophan.

B. Wasserhaltige.

$$1) 1 : 2.$$

Kämmererit	$\dot{\text{Mg}}^3(\ddot{\text{Si}}, \ddot{\text{Al}})^2 + \dot{\text{H}}$
Metaxit	$2\dot{\text{Mg}}^3(\ddot{\text{Si}}, \ddot{\text{Al}})^2 + 5\dot{\text{H}}$
Pyrosklerit	$\dot{\text{R}}^3(\ddot{\text{Si}}, \ddot{\text{Al}})^2 + 2\dot{\text{H}}$
Chonikrit	$\dot{\text{R}}^3(\ddot{\text{Si}}, \ddot{\text{Al}})^2 + 2\dot{\text{H}}$

1) Diese Annalen, Bd. 70, S. 545.

2) Nach Keating's Analyse gleichfalls $= \dot{\text{R}}\ddot{\text{Si}}$.

Beide letztere sind wahrscheinlich von gleicher Zusammensetzung.

Thuringit $\text{Fe}^3(\ddot{\text{Si}}, \ddot{\text{Fe}})^2 + 3\text{H}.$

2) 1 : 3.

Pyralolith $3\text{R}(\ddot{\text{Si}}, \ddot{\text{R}}) + \text{H}$

Saponit } $\text{Mg}(\ddot{\text{Si}}, \ddot{\text{R}}) + \text{H}$ und vielleicht $2\text{H}^1).$
Seifenstein }

Diese Beispiele mögen vorläufig genügen, da es bei der hypothetischen Natur der Sache für jetzt wohl noch zu früh seyn würde, eine solche Ansicht auch für andere Silicate geltend zu machen.

Einige andere Bemerkungen und Vergleiche mögen aber hier Platz finden, zu denen die Anordnung der Silicate nach ihren Sauerstoffmultiplen gleichsam von selbst auffordert.

Zunächst dürfte es nicht uninteressant seyn, die *wasserfreien* Silicate den *wasserhaltigen* von gleichen Sättigungsgraden und wirklich isomorphen Basen gegenüberzustellen, wie im Nachfolgenden geschehen ist:

I. Silicate von Basen R.

Wasserfreie.

Tephroit
Williamit
Gadolinit
Olivin, Batrachit
Talk - Eisenaugit
Talk
Babingtonit

Wasserhaltige.

Schwarzer Mangankiesel?
Kieselzinkerz
Cerit
Villarsit
Monradit, Pikrophyll
Kerolith
Krokydolith.

II. Silicate von Basen R̄.

Staurolith v. St. Gotthardt
St. v. Airolo, Cyanit
Xenolith

Opalin-Allophan
Allophan
Pholerit, Plinthit, Kaolin

1) Diefs sind zugleich die Ausdrücke für den Meerschäum.

Wasserfreie.

Bamlit
Agalmatolith

Wasserhaltige.

Kaolin v. Passau
Pyrophyllit, Cimolit.

III. Silicate von Basen R und R̄.

Lievrit
Tachylith
Epidot
Lepidomelan
Indianit
Nephelin
Bytownit
Cordierit

Pinit
Labrador

Leucit, Andesin

Oligoklas
Feldspath

Thuringit
Glottalith, Kerolith
Zeuxit, Praseolith
Iberit
Thomsonit
Gismondin
Brevicit, Mesole
Esmark., Fahlun., Chlorophyl-
lit, Bonsdorffit., Pinit z. Th.
Gigantolith
Mesotyp, Skolecit, Meso-
lith etc.
Saccharit, Analcim, Ledererit,
Herschelit, Phillipsit, Gme-
linit, Laumontit
Chabasit
Aedelforsit, Brewsterit, Stilbit.

Eine andere Bemerkung betrifft die Gleichheit des Sättigungsgrades bei gewissen Silicaten, welche zuweilen völlige Identität, öfters Isomorphie zur Folge hat.

Identisch dürften hiernach folgende seyn:

Aphrodit und Pikrophyll.

Pyrophyllit von Spaa, Cimolit vom Ural. Pseudomorphosen vom Augit von Bilin, mancher Bol; sämtlich wohl Zersetzungsproducte thonerdehaltiger Silicate.

Seybertit und Xanthophyllit.

Skolecit und Caporcianit.

Mesotyp und Lehuntit,

und vielleicht noch mehre andere, wenn deren Analyse wiederholt würde.

Es würde hier zu weit führen, auf diejenigen Gruppen näher einzugehen, welche wegen analoger Zusammensetzung auf Isomorphien schliessen lassen, z. B. Talk, Babingtonit — Staurolith, Cyanit — Mejonit, Epidot — Wernerit, Anorthit — Ryakolith, Labrador — Leucit, Andesin — Oligoklas, Achmit — Ottrelith, Groppit — Phillipsit, Herschelit — Harmotom, Laumontit — Chalilith, Zeagonit etc. Wir begnügen uns, vorläufig auf ihr Vorhandenseyn hinzudeuten.

VI. *Der Leidenfrost'sche Versuch auf Glas;* *von A. Moritz aus Dorpat.*

Unter diesem Titel hat Emsmann im 51. Bande dieser Annalen, S. 444, eine Notiz veröffentlicht, in welcher er mittheilt, dass es ihm gelungen sey, das auf Metallen bekannte Phänomen auch auf Glas zu erhalten, indem er aus einer Thermometerkugel die Flüssigkeit durch Erwärmung treibt, und ein durch Condensation der Dämpfe im Rohre gebildetes Tröpfchen in die bereits leere Kugel hinabfallen lässt. Dieses führte mich schon damals auf den Gedanken, dass das anderweitige Mislingen des Versuches nur von der schlechten Wärmeleitung des Glases herrühre, so dass ein Tropfen kalten Wassers auf der inneren Fläche eines Uhrschildchens eine zu starke Temperaturdepression erzeugt, als dass die nöthige Wärme rasch genug von der äusseren erhitzten Seite der inneren zugeführt werden könnte, wodurch dann natürlich ein Zerreißen des Glases u. s. w. entsteht. In der That scheint dieses durch die Erfahrung bestätigt zu werden; denn man giesse *siedendes* Wasser in ein erhitztes Uhrglas, und man wird das Phänomen mit beliebig grossen Quantitäten Wasser eben so schön als auf Metallen erhalten, so lange die Erwärmung des Glases von aussen her fort dauert. Für die dioptrische Untersuchung der rotirenden Wassermasse ist gewiss die Anwendung eines gläsernen Gefässes der eines metallenen vorzuziehen.

VII. *Ueber die quantitative Bestimmung der Aschenbestandtheile thierischer Substanzen, und über die Methode, die Phosphorsäure von den alkalischen Erden und Alkalien durch ein Bleisalz zu scheiden; von W. Heintz.*

Schon seit langer Zeit sind von den verschiedensten Chemikern Reihen von Aschenanalysen ausgeführt worden, so daß man glauben sollte, die dabei angewendeten Methoden müßten so durchgearbeitet seyn, daß etwas Neues hinzuzufügen unmöglich wäre. Dem ist aber nicht so. Im Gegentheil wird aus dem Verfolg dieser Arbeit klar werden, daß dieselben durchaus fehlerhaft waren, und daß die dadurch erzielten Resultate keineswegs auch nur auf einen geringen Grad von Genauigkeit Anspruch machen können.

Nachdem Sprengel's Stimme, der schon vor längerer Zeit angedeutet hatte, daß bei der Einäscherung von Pflanzentheilen Chlor und Schwefelsäure verjagt würden, ungehört verhallt war, sind erst in ganz neuester Zeit gewichtige Einwendungen gegen jene bis hieher angewendeten Methoden erhoben worden. Zuerst hat Erdmann ¹⁾ in einem Briefe an Liebig seine Erfahrungen über die Darstellung der Asche von Pflanzen bekannt gemacht, woraus deutlich die Unbrauchbarkeit der dazu bisher angewendeten Methode ersichtlich wird. Er hat es jedoch unterlassen Vorschläge zu machen zu einer besseren Methode, sie darzustellen. Er fand, daß bei der Einäscherung von Pflanzentheilen, wenn die Hitze so gesteigert wird, daß sämtliche Kohle verbrannt wird, nicht allein wenn nicht sämtliche, so doch wenigstens ein großer Theil der Chloralkalien verflüchtigt und die schwefelsauren Salze zersetzt, sondern auch die zweibasischen Salze der Phosphorsäure in dreibasische umgeändert werden können.

1) Journ. f. Chem. und Pharm., Bd. LIV, S. 353 (1845).

Es ist wunderbar, dafs, aufser Sprengel, keiner der Chemiker, welche bis dahin Aschenanalysen bekannt gemacht haben, auf diesen Umstand aufmerksam geworden ist, da einerseits aus der Eigenschaft der Chloralkalien in starker Hitze bei Luftzutritt sich zu verflüchtigen, und aus der der phosphorsauren Salze mit kohlensauren Alkalien geglüht dreibasische Salze zu geben, *a priori* auf das Vorhandenseyn der Fehlerquellen, auf welche Erdmann durch Versuche zuerst aufmerksam geworden ist, sich schliessen lassen mufste. Auch Mitscherlich ¹⁾ in seiner Arbeit über die Asche der Hefe, so wie neuerdings H. Rose, haben auf diese Mängel der bisherigen Methode aufmerksam gemacht.

Bei meinen Untersuchungen der feuerbeständigen Bestandtheile thierischer Substanzen habe auch ich Gelegenheit gehabt, die Unbrauchbarkeit der bisher angewendeten Methode der Darstellung der Asche zu beobachten. Schon vor mehreren Jahren bemerkte ich bei der Einäscherung von Harn, dafs, als die Kohle zum gröfsten Theile verbrannt und die Salzmasse geschmolzen war, die letzten Antheile jener, eben weil sie in den Salzen eingeschmolzen vor dem freien Zutritt des Sauerstoffs der Luft geschützt wurden, sehr schwer und nur bei sehr gesteigerter Hitze zu verbrennen waren. Dabei blähte sich die Masse in Blasen auf, und sobald diese Blasen zerplatzten, verbrannte zuweilen, jedoch nur selten, der Inhalt derselben mit einem schönen gelbweissen Lichte, unter Erzeugung von Dämpfen. Was konnte wohl anders zu dieser Erscheinung Veranlassung geben, als die Bildung von Phosphor durch Einwirkung der Kohle auf die phosphorsauren Salze der Harnasche? Da ich im Harn nur das gewöhnliche phosphorsaure Natron neben phosphorsaurem Kalk und phosphorsaurer Talkerde annehmen zu dürfen glaubte, so war ich der Meinung, ersteres mufste zu dieser Erscheinung Veranlassung gegeben haben.

Um dies direct zu erweisen, glühte ich eine Mengung

1) Monatsbericht der Berliner Academie, 1845, S. 236.

von Kochsalz und gewöhnlichem phosphorsauren Natron mit Zuckerkohle. Während die Masse vor Zusatz der Kohle selbst über der Flamme eines Spiritusgebläses ruhig schmolz, wie es schien nur Dämpfe von Kochsalz ausstossend, fing sie sogleich an Blasen zu werfen, sobald etwas Kohle hineingebracht wurde. Doch konnte ich beim Zerplatzen dieser Blasen nicht das Entzünden des Inhalts derselben beobachten. Dafs indessen eine Zersetzung der Masse stattgefunden hatte, geht deutlich daraus hervor, dafs, als dieselbe in Salpetersäure gelöst, das Chlor aus der Flüssigkeit durch salpetersaures Silberoxyd gefällt und die filtrirte Flüssigkeit mit Ammoniak neutralisirt wurde, nicht weisses, sondern gelbes dreibasisches phosphorsaures Silberoxyd niederfiel, ein Beweis von der Gegenwart des dreibasischen phosphorsauren Natrons in der gelösten Masse. Da aber auch die ohne Zusatz von Kohle heftig geglühte Mengung von Chlornatrium und gewöhnlichem phosphorsauren Natron auf dieselbe Weise behandelt, wie jene, gleichfalls nur gelbes phosphorsaures Silberoxyd erzeugt, wie ein Versuch lehrte, so ist ungewifs, ob diese Umwandlung des zweibasischen Salzes in das dreibasische in jenem Falle auch durch Reduction der Phosphorsäure oder allein durch Aufnahme von Natron aus dem Chlornatrium veranlafst seyn möchte.

Ich machte deshalb folgende Versuche. Zuckerkohle, die mit einer Lösung von gewöhnlichem phosphorsauren Natron getränkt war, wurde über einem Spiritusgebläse anhaltend heftig geglüht. Der wässrige Auszug der Masse gab mit salpetersaurem Silberoxyd einen rein weissen Niederschlag, der sich in Salpetersäure vollständig auflöste. Das zweibasische phosphorsaure Natron kann also durch Glühen mit Kohle selbst bei so starker Hitze nicht in das dreibasische Salz umgewandelt werden. Es ist wohl mehr als eine Vermuthung, dafs das zweibasische phosphorsaure Kali sich eben so verhält, und ich glaube daher, dafs, wenn Erdmann, wie er in dem oben erwähnten Briefe an Liebig angegeben, eine Umwandlung desselben in dreibasisches Salz beobachtet hat, dieß nicht der Kohle zugeschrie-

ben werden darf, sondern vielleicht einer Beimengung eines kohlen sauren Salzes, eines Chlormetalls oder von Kieselsäure, es müßte denn seyn, daß bei noch stärkerer Hitze, welche bei seinen Versuchen vielleicht angewendet wurde, wirklich durch die Kohle eine Zersetzung veranlaßt werden könnte.

Es fragt sich nun, was die Veranlassung war, daß sich in den oben angeführten Fällen beim Glühen von verkohltem Harn wirklich Phosphor durch Reduction der Phosphorsäure bildete. Offenbar bleibt nur die Annahme übrig, daß in demselben zuweilen saures phosphorsaures Natron enthalten seyn kann, welches, wie bekannt, beim Glühen mit Kohle so zersetzt wird, daß sich Phosphor und das zweibasische Natronsalz bildet.

Jene Beobachtung veranlaßte mich schon damals die Prüfung der Genauigkeit der Aschenbestimmung, wie man sie bisher ausgeführt hat, als Thema für eine Arbeit zu wählen, und namentlich eine bessere Methode dafür aufzusuchen. Durch anderweite Arbeiten abgehalten, habe ich mich ihr jedoch erst im vorigen Sommer unterziehen können. Allein schon seit jener Zeit, also schon seit mehr als zwei Jahren, ist die Einäscherung thierischer Substanzen, welche mit dem Zweck der Analyse der Asche derselben unter meiner Aufsicht in meinem Laboratorium ausgeführt worden sind, nach der weiter unten erwähnten Methode der Verkohlung derselben geschehen.

Dies führe ich nicht etwa an, um mir die Priorität der Anwendung dieser Methode gegen Hrn. Prof. H. Rose anzumassen, der bekanntlich ganz neuerdings eine Arbeit über die Untersuchung der Asche organischer Körper ¹⁾ bekannt gemacht hat, es wäre dies, abgesehen von ihrer Unrechlichkeit, eine Handlung der Impietät gegen meinen hochverdienten Lehrer, deren ich nicht fähig bin, sondern ich will dadurch nur meine Berechtigung begründen, auch meine Erfahrungen über diesen Gegenstand bekannt zu machen.

Zunächst will ich meine Versuche anführen, wodurch

1) Diese Annalen, Bd. 70, S. 449.

ich mich bemühte die Ungenauigkeit der bisherigen Einäscherungsmethode direct zu beweisen, und zugleich einigermaßen die Gröfse des Fehlers auszumitteln, welche durch Anwendung derselben auf Harn veranlaßt wird.

Ich dampfte zu dem Ende zwei gewogene Portionen desselben Harns bis zur Trockne ein, und verbrauchte die eine derselben nach der früheren Methode in einem gewogenen Platintiegel so vollkommen, daß durchaus keine Spur von Kohle mehr rückständig war, worauf die Masse gewogen wurde. Die andere abgedampfte Portion des Harns wurde bei möglichst gelinder Hitze so verkohlt, daß die verdünnte Salzsäure, womit die Kohle ausgezogen wurde, beim Filtriren nicht im mindesten gefärbt abfloß. Die Kohle wurde mit verdünnter Salzsäure vollkommen ausgewaschen, die saure Flüssigkeit eingedampft, bei bedecktem Tiegel geglüht und gewogen. Außerdem wurde die auf einem Filtrum gesammelte Kohle vollständig verbrannt und die Asche gewogen. Ich erhielt aber stets nur so viel derselben als bei Verbrennung des Filtrums zurückbleiben mußte, woraus hervorgeht, daß die bei Verkohlung des Harns zurückgebliebene Kohle durch Auswaschen mit Salzsäure und Wasser vollkommen von allen feuerbeständigen Bestandtheilen befreit werden kann. Auf diese Weise erhielt ich stets mehr feuerbeständige Bestandtheile als nach der bisher üblichen Methode der Einäscherung. — 12,814 Grm. Harn gaben, nach dieser letzteren Methode eingeäschert 0,1717 Grm. oder 13,40 p.m. Asche. Dagegen lieferten 11,6565 Grm. desselben Harns nach der Methode der Verkohlung 0,1667 Grm. oder 14,30 p.m. feuerbeständige Bestandtheile. Die Differenz beträgt 0,9 p.m. des Harns, oder die gefundenen Mengen derselben verhalten sich wie 100 : 106,7.

Aus 29,193 Grm. eines anderen Harns erhielt ich 0,493 Grm. Asche, d. h. 16,89 p.m. Nach der Methode der Verkohlung geben dagegen 33,135 Grm. desselben Harns 0,588 Grm. feuerbeständiger Bestandtheile oder 17,75 p.m. Die Differenz ist 0,86 p.m. des Harns, und die gefundenen Aschenmengen verhalten sich wie 100 : 105,1.

Diese Differenz ist hinreichend bedeutend, um die Ungenauigkeit der bisher angewendeten Methode der Emäscherung darzuthun, zumal die zur Untersuchung angewendete Flüssigkeit dabei gerade nur wenig Kohle liefert, weshalb auch die vollständige Verbrennung derselben nicht so starke Hitze und so lange Zeit des Glühens erfordert, als dies bei allen andern organischen Substanzen der Fall ist. Der Fehler bei Untersuchung *dieser* muß daher viel bedeutender ausfallen. Man kann auch nicht einwenden, daß etwa diese Differenz daher rühren möchte, daß in dem einen Falle durch starkes Glühen das Wasser, welches in den phosphorsauren Alkalien mit zwei Atomen fixer Basis als basisches Wasser enthalten ist, verjagt worden wäre, während es in dem anderen Falle mit gewogen worden wäre. Denn ich habe auch in letzterem Falle die Masse so geglüht, daß jenes basische Wasser hätte ausgetrieben werden müssen, nur bei bedecktem Tiegel, um die Verflüchtigung der Chloralkalien zu vermeiden. Andererseits könnte aber die Einwendung gemacht werden, daß die Methode der Bestimmung der feuerbeständigen Bestandtheile, deren Resultat ich mit denen der bisher gebräuchlichen verglichen habe, besonders aus zwei Gründen auch nicht absolut richtige Zahlen zu liefern vermöchte. Erstens könnte man sagen, wäre es möglich, daß die Salzsäure, welche zum Ausziehen der Kohle dient, eine schwächere Säure, welche darin enthalten wäre, austreiben möchte, dann aber könnte sich ein phosphorsaures Salz mit drei Atomen fixer Basis in der zu verkohlenden Substanz befinden, welches durch Einwirkung der Salzsäure in ein phosphorsaures Salz mit zwei Atomen derselben und einem Atom Wasser und in ein Chlormetall zerlegt werden müßte.

Gegen ersteren Einwand bemerke ich, daß unter den durch Salzsäure verdrängbaren Säuren nur die Kohlensäure, Cyansäure und Cyanwasserstoffsäure es sind, welche in verkohlten thierischen Substanzen vorkommen können, oder besser, bei der Verkohlung derselben aus ihnen gebildet werden können. Beim Zusatz von Salzsäure zu jener Kohle

aus Harn, habe ich aber niemals auch nur eine Spur von Gasentwicklung oder einen Geruch nach Bleisäure bemerkt, obgleich ich meine Aufmerksamkeit ganz besonders darauf richtete. Es war daher in dem vorliegenden Falle kein Salz dieser Säuren in der Asche vorhanden.

Auf die zweite Einwendung habe ich zu erwidern, daß diejenigen phosphorsauren Salze mit drei Atomen fixer Basis, welche durch Salzsäure in phosphorsaure Salze mit zwei Atomen derselben und mit einem Atom Wasser verwandelt werden, und welche in dem vorliegenden Falle vorkommen können, auch durch Kohlensäure schon dieselbe Veränderung erleiden. Da nun im thierischen Körper, sey er lebend oder todt, stets Kohlensäure im Ueberschuß vorhanden ist, so können diese phosphorsauren Salze darin auch nicht anders sich vorfinden, als in Form derer, die auf ein Atom der Säure zwei Atome der fixen Basis und ein Atom basischen Wassers enthalten. Sie können also durch Salzsäure nicht mehr verändert werden. Von dem phosphorsauren Kali und Natron mit drei Atomen fixer Basis ist es bekannt, daß sie durch Kohlensäure in Salze mit zwei Atomen derselben und einem Atom Wasser, und in kohlensaures Kali und Natron zerlegt werden. Weiter kann auch die Einwirkung der Salzsäure auf dieselben nicht gehen, wenn sie mit ihr zur Trockne abgedampft und schwach geglüht werden. Der phosphorsaure Kalk dagegen hat eine solche Neigung als ein basisches Salz (nach Berzelius $\ddot{\text{P}}^3 \text{Ca}^8$) sich abzusondern, daß seine Lösung in Salzsäure, wenn sie zur Trockne abgedampft wird, ihn stets in demselben Zustande zurückläßt, in dem er sich vorher befand. Ist er also als das Salz, von der Formel $\ddot{\text{P}}^3 \text{Ca}^8$ im thierischen Körper enthalten, was kaum anders möglich ist, da die weniger basischen Verbindungen der Phosphorsäure mit Kalkerde nur in sauren Flüssigkeiten bestehen können, da namentlich die Verbindung, in welcher auf ein Atom Säure nur zwei Atome der Basis enthalten sind, nach Berzelius selbst eine *concentrirte* Lösung von Chlorcalcium in der Wärme so zerlegt, daß Salzsäure frei wird, und daß

jenes basische Salz sich bildet, so ist klar, daß man ihn in der mit Salzsäure ausgezogenen, zur Trockne abgedampften und schwach geglühten Masse in eben demselben Sättigungsgrade wieder erhält. Was nun die phosphorsaure Talkerde anbetrifft, so kommt sie nach den bisherigen Untersuchungen, wie namentlich Berzelius annimmt, als die Verbindung mit einem Atom basischen Wassers und zwei Atomen Magnesia in dem Thierkörper vor. Es ist klar, daß diese Verbindung durch Salzsäure nicht verändert werden kann, wenn man sie mit ihr zur Trockne abdampft und schwach glüht.

Ein dritter Einwand aber ist wichtiger und einflußreicher. Wäre nämlich im Harn ein Salz einer feuerbeständigen Basis mit einer organischen Säure vorhanden, so würde beim Verkohlen zunächst ein kohlensaures Salz dieser Basen erzeugt werden, welches wiederum bei der angewendeten Hitze durch das phosphorsaure Natron mit zwei Atomen fixer Basis so zerlegt werden könnte, daß unter Entwicklung von Kohlensäure das dreibasische Natronsalz sich bildete. In der That habe ich mich durch besondere Versuche überzeugt, daß wenn das gewöhnliche phosphorsaure Natron ($\ddot{\text{P}}\text{Na}^2 + \text{H}$) mit kohlensaurem Natron bis zu derjenigen Temperatur erhitzt wird, bei welcher die Verkohlung des Harns bei den oben erwähnten Versuchen bewirkt wurde, sich dreibasisches phosphorsaures Natron bildet, welches mit salpetersaurem Silberoxyd einen gelben Niederschlag giebt, während jenes Natronsalz für sich bis zu derselben Temperatur erhitzt ganz in zweibasisches Salz umgewandelt wird, also mit salpetersaurem Silberoxyd einen weißen Niederschlag giebt. In jenem Falle würde dann die Salzsäure, welche zur Auflösung der verkohlten Portion des Harns diente, wieder zweibasisches Salz hergestellt haben, während sich Chlornatrium bildete. In dem Falle dagegen, wo der Harn sogleich vollkommen eingeäschert wurde, mußte natürlich das dreibasische phosphorsaure Natron unverändert bleiben. Wenn daher wirklich bei Einäscherung oder Verkohlung des Harns etwas phosphorsaures Alkali-

salz mit drei Atomen fixer Basis sich gebildet hätte, so würde bei vollständiger Einäscherung desselben, abgesehen von den anderen Fehlerquellen, denen diese Methode unterworfen ist, so viel weniger an feuerbeständigen Bestandtheilen erhalten werden müssen, als bei Anwendung der anderen Methode der Bestimmung derselben, als die Differenz derjenigen Quantität Chlor einerseits, und der Summe derjenigen Kohlensäure und Sauerstoffmenge andererseits beträgt, die sich mit derjenigen Menge Natrium verbinden können, welche zu dem zweibasischen Natronsalz hinzugetreten war, und so Veranlassung zur Bildung von etwas des dreibasischen Salzes gegeben hatte.

Um nun zu sehen, ob dieser Fall beim normalen Harn eintritt, dampfte ich Harn, der durch Ammoniak von den phosphorsauren Erdsalzen möglichst befreit war, in einer Platinschale zur Trockne ein und verkohlte die rückständige Masse. Die Kohle zog ich dann mit Salpetersäure aus, schlug das Chlor aus der Lösung durch einen Ueberschuss von salpetersaurem Silberoxyd nieder, und setzte zu der filtrirten Flüssigkeit tropfenweise Ammoniak hinzu, bis der Niederschlag des phosphorsauren Silberoxyds auch nach dem Umschütteln beständig wurde. Bei mehreren so angestellten Versuchen erhielt ich stets einen weissen, nie einen rein gelben Niederschlag. Allein ein leiser Stich in's Gelbliche war an demselben nicht zu verkennen. Es war zweifelhaft, ob derselbe der geringen Menge dreibasischen phosphorsauren Kalks seinen Ursprung verdankt, welche durch Ammoniak aus dem Harn nicht hatte abgeschieden werden können, oder ob wirklich ein Natronsalz einer organischen Säure im Harn Veranlassung zur Bildung von etwas des dreibasischen phosphorsauren Natrons gegeben hatte.

Um hierüber zur Gewissheit zu kommen, stellte ich folgende Versuche an. Zwei gewogene Mengen desselben Harns wurden verkohlt, die eine Portion mit Wasser, die andere mit Salzsäure vollständig ausgezogen, jene sogleich nach Zusatz von etwas Salpetersäure mit salpetersaurem Silberoxyd gefällt, diese dagegen erst zur Trockne einge-

dampft, wobei die beim Glühen gebildete zweibasische Phosphorsäure wieder in die dreibasische Modification umgewandelt wird, der Rückstand schwach geglüht, um die überschüssige Salzsäure zu entfernen, und die in Wasser und etwas Salpetersäure wieder gelöste Masse mit salpetersaurem Silberoxyd gefällt. Die Mengen des niedergeschlagenen Chlorsilbers in Procenten ausgedrückt, mußten vollkommen gleich seyn, wenn nur dreibasische phosphorsaure Kalkerde zu der gelben Nüance des in den vorher angeführten Versuchen gefällten weißen phosphorsauren Silberoxyds Veranlassung gewesen wäre. Sie mußte bei letzterem Versuche größer seyn als bei ersterem, wenn wirklich etwas dreibasisches phosphorsaures Natron in dem verkohlten Harn enthalten war, da dieses durch die Salzsäure in Chlornatrium und gewöhnliches phosphorsaures Natron zersetzt worden seyn mußte. Die Versuche selbst haben folgendes Resultat ergeben:

I. 22,729 Grm. Harn wurden abgedampft, verkohlt, die kohlige Masse mit Wasser ausgezogen und die Flüssigkeit mit salpetersaurem Silberoxyd gefällt. Es fielen 0,252 Grm. Chlorsilber nieder. Diefs entspricht 0,0622 Grm. oder 2,74 p. m. Chlor. — 32,287 Grm. desselben Harns lieferten, als die nach dem Verkohlen rückständige Masse mit Salzsäure ausgezogen, und aus den zur Trockne gebrachten und schwach geglühten gelösten Stoffen das Chlor mit demselben Reagens abgeschieden wurde, 0,3583 Grm. Chlorsilber. Diese enthalten 0,0884 Grm. Chlor, was 2,74 p. m. des Harns ausmacht.

II. 26,8815 Grm. Harn eines anderen Individuums lieferten, wenn die verkohlte Masse mit Wasser ausgezogen wurde, 0,715 Grm. Chlorsilber. Diefs entspricht 0,1764 Grm. oder 6,56 p. m. Chlor. — 30,8605 Grm. desselben Harns wurden verkohlt, die Kohle mit Salzsäure ausgezogen und die Flüssigkeit abgedampft. Die rückständige schwach geglühte Salzmasse lieferte 0,8165 Grm. Chlorsilber. Sie enthielt also 0,2014 Grm. oder 6,53 p. m. des angewendeten Harns an Chlor.

Die Mengen des auf so verschiedene Art erhaltenen Chlors stimmen also auf eine überraschende Weise zusammen. Man könnte aber einwenden, daß diese Uebereinstimmung nur zufällig sey, da nach den weiter oben angegebenen Versuchen beim Glühen eines Gemenges von gewöhnlichem phosphorsauren Natron mit Chlornatrium dreibasisches phosphorsaures Natron erhalten wird. Allein ich habe mich durch andere Versuche überzeugt, daß dies nur bei Anwendung sehr starker Hitze der Fall ist, daß dagegen dieses bis zu schwacher Rothgluth erhitzte Gemenge nach Abscheidung des Chlors einen rein weißen Niederschlag von phosphorsaurem Silberoxyd giebt, also reines zweibasisches phosphorsaures Natron enthält.

Diese Versuche beweisen klar und deutlich, daß die Ursache der gelblichen Nüance des in den vorher angeführten Versuchen erhaltenen phosphorsauren Silberoxyds nicht in der Anwesenheit von phosphorsaurem Natron mit drei Atomen der fixen Basis in dem verkohlten Harn zu suchen ist, und es bleibt nichts übrig, als jene Färbung durch die geringe Menge phosphorsaurer Kalkerde mit drei Atomen Basis, welche einerseits nicht durch Ammoniak gefällt, andererseits aber durch Abdampfen und Glühen mit Salzsäure nicht in Chlorcalcium und phosphorsaure Kalkerde mit 2 At. Basis zerlegt werden kann, zu erklären.

Allein noch ein anderer für die Kenntniß der Constitution des Harns höchst wichtiger Schluß läßt sich aus den Resultaten meiner Versuche ziehen, der zwar eigentlich mit diesem Aufsatze nicht in directem Zusammenhange steht, der mir jedoch so wichtig scheint, daß ich diese Gelegenheit nicht vorübergehen lassen will, seiner zu erwähnen. Da nämlich die Mengen Chlor, welche ich bei obigen Versuchen erhielt, vollkommen gleich waren, sie aber nicht hätten gleich seyn können, wenn eine organische Säure, gebunden an eine feuerbeständige Basis, in dem Harn enthalten wäre, weil sich dann bei der zur Verkohlung angewendeten Hitze ein phosphorsaures Salz mit drei Atomen derselben hätte bilden müssen, welches durch Salzsäure in

Chlormetall und zweibasisches phosphorsaures Salz hätte zerlegt werden müssen, so folgt daraus mit Bestimmtheit, daß der normale Harn kein aus einer feuerbeständigen Basis und einer organischen Säure bestehendes Salz enthält. Nur ein Einwand ließe sich noch machen, daß nämlich saures phosphorsaures Salz in diesem Harn enthalten gewesen wäre, und daß dieses nicht genug kohlensaures Alkali nach der Verkohlung vorgefunden hätte, um das dreibasische Salz zu bilden, sondern daß es nur in das zweibasische übergeführt worden wäre. Allein da der zu jenen Versuchen benutzte Harn im frischen Zustande nur eine so schwach saure Reaction zeigte, daß dieselbe nur der darin enthaltenen freien Harnsäure und Hippursäure zugeschrieben werden durfte, und andererseits nur Spuren von Ammoniak enthielt, so möchte jener Einwand wohl keine Anwendung finden dürfen.

Nachdem so die Ungenauigkeit der bisherigen Methode der Aschenbestimmung, die schon aus theoretischen Gründen vorausgesetzt werden mußte, auch experimentell nachgewiesen war, versuchte ich zunächst, ob nach jener Methode der Verkohlung einigermaßen übereinstimmende Resultate erhalten werden können.

Zu dem Ende wurden verschiedene Mengen desselben Harns verkohlt, die Kohle mit Salzsäure ausgezogen und die saure Flüssigkeit abgedampft und bei bedecktem Tiegel bis zu derselben Temperatur erhitzt, bei welcher die Verkohlung stattgefunden hatte.

So erhielt ich aus 16,500 Grm. Harn 0,2657 Grm. feuerbeständiger Bestandtheile, d. h. 16,10 p. m. 23,51 Grm. desselben gaben dagegen 0,3815 Grm. feuerbeständiger Stoffe, also 16,23 p. m. Die Differenz beträgt nur 0,13 p. m., übersteigt also nicht die Höhe des Fehlers, welchem jeder Versuch unterliegt.

Bei einem zweiten Versuche gaben 40,460 Grm. eines anderen Harns 0,4356 Grm. und 29,793 Grm. desselben 0,325 Grm. feuerbeständiger Bestandtheile. Diefs beträgt 10,77 p. m. und 10,84 p. m. Die Differenz ist 0,07 p. m.

Ein dritter Versuch gab endlich ganz ähnliche Resultate; 20,084 Grm. Harn lieferten 0,2923 Grm., 17,7028 Grm. desselben Harns 0,2572 Grm. feuerbeständiger Bestandtheile. Diefs entspricht 14,55 und 14,53 p. m. Die Differenz beträgt hier nur 0,02 p. m.

Bei allen diesen Versuchen verbrannte ich die Kohle, welche auf dem Filtrum zurückgeblieben war, erhielt aber nie mehr Asche, als das Filtrum, für sich verbrannt, hätte zurücklassen müssen.

Wenn durch diese Versuche erwiesen ist, daß nach der angegebenen Methode stets dieselbe Menge feuerbeständiger Bestandtheile erhalten wird, so ist dadurch freilich noch nicht außer Zweifel gesetzt, ob bei Anwendung derselben zur Herstellung der Asche thierischer Substanzen, abgesehen davon, daß sie in der bisher angeführten Weise nur bei solchen Anwendung findet, welche bei ihrer Verkohlung keine kohlensauren Salze zurücklassen, auch wirklich sämtliche feuerbeständige Stoffe im Rückstande bleiben.

Ehe ich zur Beurtheilung derselben nach der bezeichneten Richtung übergehe, kann ich nicht unterlassen zunächst zu besprechen, was denn eigentlich bei Aschenbestimmungen bezweckt werden muß. Käme es darauf an, nur die Asche zu bestimmen, d. h. dasjenige zu bestimmen, was nach Zerstörung der organischen Substanzen und nach vollständiger Verbrennung aller ausgeschiedenen Kohle zurückbleibt, so wäre es unnütz und selbst zweckwidrig eine andere Methode der Einäscherung anzuwenden, als die bisher benutzte. Allein der nächste Zweck der Aschenbestimmungen muß zweifelsohne der seyn, diejenigen Bestandtheile der organischen Körper, welche, wenn sie auch in ihnen wesentlich sind, dennoch gleichfalls in der unorganischen Natur vorkommen, und die außerhalb des thierischen Körpers durchaus den Charakter unorganischer Verbindungen an sich tragen, die namentlich in ihrer Zusammensetzung vollkommen dem Gesetz der Binarität folgen, von denen möglichst unverändert und möglichst vollständig zu isoliren, welche der organischen Welt angehören. Wolke

man sagen, die feuerbeständigen Bestandtheile der organischen Körper zu bestimmen muß ihr Endzweck seyn, so verlangt dieß eine scharf bestimmte und scharf begränzende Definition des Wortes feuerbeständig. Diese zu geben, ist aber nicht möglich. Denn ein Stoff, der, für sich erhitzt, selbst bei der stärksten Hitze, die man hervorbringen kann, durchaus nicht verflüchtigt zu werden vermag, kann zum Theil oder ganz verloren gehen, wenn er, mit einem andern gemengt, geglüht wird. Andererseits aber giebt es Stoffe, deren Verdampfungspunkt so nahe an der Temperatur liegt, welche nöthig ist, um organische Substanzen vollkommen zu verbrennen, daß sie bei dieser Operation zum Theil verflüchtigt werden können. Soll man diese nun zu den feuerbeständigen oder zu den flüchtigen Stoffen zählen? Beide erwähnte Umstände treten nun bei Aschenbestimmungen thierischer Substanzen ein. Die phosphorsauren und schwefelsauren Salze, welche, für sich geglüht, durchaus nicht flüchtig sind, veranlassen eine Gewichtsverminderung, wenn sie mit Kohle und kohlensaurem oder Chlor-Alkali geglüht werden, und die Chloralkalien werden bekanntlich bei der Temperatur, welche zur Einäscherung thierischer Substanzen erfordert wird, wenn die Luft freien Zutritt hat, obgleich nicht ganz leicht verflüchtigt.

Es ist daher klar, daß man den wesentlichsten Zweck bei Aschenbestimmungen, nämlich die Abscheidung der eigentlichen unorganischen, d. h. nach dem strengsten Binaritätsgesetz zusammengesetzten Stoffe so zu bewerkstelligen, daß dabei kein Verlust und keine Veränderung derselben stattfinden kann, nach der dazu bisher angewendeten Methode nicht zu erreichen vermag.

Wenn ich nun, um dieß vollständiger zu bewerkstelligen, gleichfalls die Methode der Verkohlung vorschlage, muß ich zunächst auf die Arbeit von H. Rose ¹⁾ Rücksicht nehmen. Es fragt sich nämlich, ob bei Anwendung derselben erstens alle Bestandtheile der organischen Substanzen, welche den Charakter der unorganischen Körper an

1) Diese Annalen, Bd. 70, S. 449.

sich tragen, wirklich gewonnen werden, zweitens ob sie dadurch in möglichst unverändertem Zustande erhalten werden.

Die erste Frage hat H. Rose schon bejahend beantwortet, und ich brauche mich hier nur auf seine Autorität zu beziehen. Nur in einer Beziehung kann ich ihm nicht ganz beistimmen. Wird nämlich eine Lösung des gewöhnlichen phosphorsauren Natrons mit einer Lösung von kohlensaurem Natron abgedampft und der Rückstand bis zu der möglichst niedrigen Temperatur erhitzt, bei welcher die vollständige Verkohlung organischer Substanzen erreicht werden kann, so giebt, wie ich schon weiter oben angeführt habe, die in Salpetersäure gelöste Masse nach Zusatz von salpetersaurem Silberoxyd und einer hinreichenden Quantität Ammoniak nicht einen weissen, sondern einen gelben Niederschlag. Da die Temperatur, welcher die Masse ausgesetzt werden muß, 300° übersteigt, so muß das gewöhnliche phosphorsaure Natron dabei in das zweibasische Salz umgewandelt werden, und in der That, wenn jenes Natronsalz ohne Zusatz von kohlensaurem Natron bis zu jener Temperatur erhitzt wird, so giebt die Lösung der Masse mit salpetersaurem Silberoxyd einen rein weissen Niederschlag. Dafs derselbe gelb wird, sobald kohlensaures Natron mit demselben gemischt erhitzt wird, beweist, dafs sich durch Einwirkung dieses das dreibasische Salz bildet, und dies kann nicht ohne Verlust an Kohlensäure geschehen. Nach H. Rose's Methode der Analyse der feuerbeständigen Bestandtheile organischer Substanzen erhält man also etwas weniger an Kohlensäure als den organisch sauren Salzen mit feuerbeständiger Basis entspricht, welche in der verkohlten Substanz vorhanden waren. Ich werde weiter unten anführen, wie ich diesen Fehler zu vermeiden gesucht habe.

Die zweite Frage, ob nämlich die feuerbeständigen Bestandtheile der organischen Substanzen bei Anwendung dieser Methode auch in *möglichst* unverändertem Zustande erhalten werden, kann wenigstens im Vergleich zu der bisher angewendeten wohl mit Ja beantwortet werden. Das

indessen läßt sich nicht behaupten, daß die so hergestellten feuerbeständigen Bestandtheile wirklich in der organischen Substanz in denselben Verbindungsformen enthalten waren, als sie in der verkohlten Masse sich befinden. Denn H. Rose macht es in der schon citirten Arbeit höchst wahrscheinlich, daß dieselben, wenigstens zum Theil, ähnlich, wie das Eisen im Blutfarbstoff enthalten ist, wesentliche Bestandtheile eigenthümlicher organischer Substanzen ausmachen, die erst bei der Temperatur, bei welcher die Verkohlung stattfindet, sich zu rein unorganischen Verbindungen gruppiren. Ist dem wirklich so, so kann überhaupt von einer Darstellung derjenigen Verbindungen, die schon als unorganische, das heißt, als nach dem strengsten Binaritätsgesetz zusammengesetzte, im Körper präexistiren, gar nicht die Rede seyn, und es muß dann der Endzweck der Aschenanalysen am Ende der werden, die Quantitäten aller in einer organischen Substanz enthaltenen Elemente zu bestimmen, mit Ausnahme des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Stickstoffs und Sauerstoffs. Da jene Ansicht aber bis jetzt nur als eine Möglichkeit von H. Rose hingestellt ist, und er selbst zugiebt, daß ihre Richtigkeit oder Unrichtigkeit erst durch eine große Reihe von Untersuchungen erwiesen werden kann, so will ich in diesem Aufsätze noch die alte Art der Betrachtungsweise der Aschen bestehen lassen, und es ist daher die Methode der Bestimmung der einzelnen Bestandtheile derselben, welche in dem Folgenden enthalten ist, noch darauf gegründet.

Ich gehe nun dazu über, die Methode zu beschreiben, welche ich für die Untersuchung der kohligen Masse, welche nach der von H. Rose zuerst beschriebenen Methode der Verkohlung organischer Substanzen erhalten wird, vorzuschlagen mir erlaube. Zuerst werde ich von dem Fall sprechen, wenn in der organischen Substanz weder Kohlensäure noch organisch saure Salze mit feuerbeständiger Basis enthalten sind, was namentlich beim normalen Harn stattfindet. Die Untersuchung ist in diesem Falle um vieles einfacher und leichter. Man digerirt jene kohlige Masse mit

mit verdünnter Salzsäure, filtrirt ab und wäscht die Kohle gut aus. Sie so weit auszuwaschen, bis das Waschwasser nicht mehr eine Spur von Chlor enthält, ist, wenn nicht unmöglich, so doch außerordentlich langwierig, worauf schon H. Rose aufmerksam gemacht hat. Man wäscht daher nur so lange mit heißem Wasser aus, bis eine etwas größere Menge des Waschwassers nur einen geringen Rückstand beim Verdunsten zurückläßt. Dann trocknet man die Kohle, und verbrennt dieselbe auf die von H. Rose in dem oft erwähnten Aufsatze, S. 458, angegebene Weise in einem Porcellantiegel durch einen Strom von Sauerstoffgas. Die so erhaltene Asche wird zu der salzsauren Flüssigkeit hinzugefügt und mit zur Trockne gebracht, schwach geglüht und gewogen. Die Menge des Rückstandes giebt direct die Menge der feuerbeständigen Bestandtheile an, welche in der Substanz enthalten sind.

Obgleich in dem Früheren schon die Gründe für die Genauigkeit dieser Methode der Bestimmung der feuerbeständigen Bestandtheile enthalten sind, so will ich doch hier dieselben noch einmal geordnet zusammenstellen. Es sind nur zwei Fälle möglich; entweder ist ein Verlust bei dieser Methode nicht zu vermeiden, oder man erhält bei Anwendung derselben zu viel an feuerbeständigen Bestandtheilen. Der Verlust, welcher bei Anwendung der Methode der vollkommenen Einäscherung organischer Substanzen, wie oben bewiesen, nicht zu vermeiden ist, kann nach dieser Methode nicht stattfinden, wie schon H. Rose ausführlich entwickelt hat. Bei der dabei angewendeten Hitze kann weder ein Chloralkali verflüchtigt werden, noch ein phosphorsaures Salz, selbst bei Gegenwart der Kieselsäure, durch Reduction der Phosphorsäure mittelst der Kohle einen Gewichtsverlust erleiden, noch endlich ein phosphorsaures Salz durch Einwirkung auf das vorhandene Chloralkali unter Austreibung von Chlorwasserstoffsäure in ein basischeres Salz umgewandelt werden.

Aber auf der anderen Seite kann man durch Anwendung der Salzsäure bei Extraction der verkohlten Masse

keinen Gewichtszuwachs der Masse veranlassen, da erstens keine Säure in der Asche enthalten ist, welche durch diese Säure ausgetrieben würde, und keine freie Basis, an welche gebunden dieselbe in der schwach geglühten Masse zurückbleiben könnte; denn wir haben es für jetzt nur mit den Fällen zu thun, in welchen kein kohlensaures und kein organisch saures Salz einer fixen Basis in der organischen Substanz enthalten ist. Wäre Eisenoxyd in der Asche enthalten, so würde freilich ein kleiner Fehler durch Bildung von Eisenchlorid veranlaßt werden können. Dieses findet sich jedoch in solchen organischen Substanzen, deren Kohle keine kohlensauren Salze enthält, gar nicht oder nur in höchst unbedeutender Menge vor, so daß man auch hiedurch nicht die Möglichkeit eines Fehlers anzunehmen veranlaßt werden kann, auch wenn man nicht wüßte, daß Eisenchlorid, was sich hier bilden müßte, beim Erhitzen an der Luft in Chlor und Eisenoxyd zersetzt wird. Dann aber kann auch nicht durch Umwandlung von basischen oder neutralen Phosphaten in neutrale oder saure, unter Bildung von Chlormetallen, ein Gewichtszuwachs der Asche veranlaßt werden; denn da in den lebenden Organismen stets Kohlensäure im freien Zustande enthalten ist, so werden diejenigen phosphorsauren Salze, welche drei Atome fixer Basis enthalten, und die durch jene Säure in kohlensaures Salz und dasjenige phosphorsaure Salz umgewandelt werden können, welches auf ein Atom der Säure zwei Atome der Basis und ein Atom Wasser enthalten, im Organismus gar nicht bestehen können. Die Salzsäure vermag nun, wie ich weiter oben zum Theil auch durch neue Versuche mit Harnasche dargethan habe, wenn sie mit phosphorsauren Salzen zur Trockne abgedampft und der Rückstand schwach geglüht wird, diesen Salzen nur eben so viel Basis zu entziehen, als die Kohlensäure, sie kann daher die in organischen Körpern enthaltenen nicht weiter verändern. Selbst die Bildung eines pyrophosphorsauren Alkalisalzes bei der Verkohlung kann diese Methode nicht ungenau machen, wenn es auch durch Salzsäure in saures pyrophosphorsau-

res Salz und ein Chloralkali zersetzt wird; denn beim Abdampfen der sauren Flüssigkeit muß jedenfalls die Pyrophosphorsäure in die gewöhnliche Modification der Phosphorsäure umgewandelt werden.

Die Untersuchung der Gesamtmasse der so erhaltenen feuerbeständigen Bestandtheile geschieht nun auf folgende Weise. Man theilt die Masse, nachdem man sie zerrieben hat, in zwei Theile, die natürlich gewogen werden müssen, löst den einen zunächst in etwas Salpetersäure enthaltendem Wasser auf, und filtrirt die klare Flüssigkeit von dem etwa Ungelösten ab. Die saure Auflösung wird mit salpetersaurem Silberoxyd vollständig gefällt, und das so abgeschiedene Chlorsilber auf die bekannte Weise bestimmt. Nach Abscheidung des überschüssig zugesetzten Silbers durch Salzsäure wird die Flüssigkeit mit Chlorbaryum versetzt, und aus der Quantität des erhaltenen schwefelsauren Baryts die Menge der Schwefelsäure bestimmt.

Der andere Theil der Masse wird mit Salzsäure ausgezogen, das Ungelöste abfiltrirt und mit Wasser ausgewaschen. Es wird als Kieselsäure in Rechnung gebracht. Die abfiltrirte Flüssigkeit wird, zur möglichsten Entfernung der freien Säure und um die Umwandlung der durch das Glühen der Masse vielleicht gebildeten Pyrophosphorsäure in die gewöhnliche Phosphorsäure zu bewirken, bis fast zur Trockne abgedampft, worauf die phosphorsauren Erdsalze, nach Hinzufügung von etwas Wasser, durch einen Ueberschuß von Ammoniak gefällt werden. Es schlägt sich die Magnesia als phosphorsaure Ammoniak-Talkerde, und der größte Theil des phosphorsauren Kalks und alles vorhandene phosphorsaure Eisenoxyd nieder. Durch Zusatz von Essigsäure löst sich alles wieder auf, mit Ausnahme des phosphorsauren Eisenoxyds; zuweilen bleibt auch etwas phosphorsaurer Kalk ungelöst. Sollte noch Pyrophosphorsäure in der Flüssigkeit enthalten seyn, so würde auch pyrophosphorsaurer Kalk in Essigsäure ungelöst bleiben. Man muß daher besondere Sorgfalt auf Umwandlung jener Säure in die gewöhnliche Modification derselben verwenden. Was

sich in Essigsäure nicht gelöst hat, wird abfiltrirt, geglüht und gewogen. Darauf löst man es wieder in wenig Salzsäure, und setzt etwas Schwefelsäure und etwa zwei Volumina Alkohol hinzu. War auch phosphorsaurer Kalk in der Essigsäure ungelöst geblieben, so wird hiedurch der Kalk als schwefelsaures Salz gefällt. Man filtrirt den Niederschlag ab, wäscht ihn mit Alkohol, glüht und wägt ihn. Aus den so gefundenen Daten läßt sich nun die Zusammensetzung des in Essigsäure ungelöst gebliebenen und geglühten Niederschlags berechnen, wenn die Zusammensetzung des darin enthaltenen phosphorsauren Kalks bekannt ist. Dafs derselbe nach der Formel $\ddot{P} \text{Ca}^2$ zusammengesetzt seyn muß, soll in einer späteren Abhandlung gezeigt werden. Aus dem durch Essigsäure sauren Filtrat wird durch reine Oxalsäure die Kalkerde vollständig ausgeschieden. Nachdem man diese abfiltrirt hat, fällt man die Magnesia durch Ammoniak. Sie fällt vollständig nieder, wenn hinreichend Phosphorsäure vorhanden war. Sie wird abfiltrirt, mit ammoniakhaltigem Wasser ausgewaschen, und auf die bekannte Weise geglüht und gewogen. In der Flüssigkeit, welche von diesem Niederschlage abfiltrirt worden ist, ist noch Kali, Natron, und entweder Phosphorsäure oder Magnesia, oder keins von beiden zu bestimmen. In den allermeisten Fällen jedoch, bei Untersuchung thierischer Substanzen wohl immer, bei Pflanzenanalysen gewifs meistens, ist alle Magnesia gefällt worden, und noch überschüssige Phosphorsäure vorhanden.

Es kommt daher darauf an, aus der Flüssigkeit, die nun noch Phosphorsäure, Kali und Natron enthält, die Phosphorsäure abzuscheiden. Offenbar wäre es am bequemsten, wenn es gelänge, sie auf einem anderen Wege als durch Zusatz eines Talkerdesalzes zu veranlassen, eine unlösliche Verbindung einzugehen, und ich bemühte mich daher eine Methode aufzufinden, wodurch dieser Zweck erreicht werden könnte. Zunächst versuchte ich die schon von Mitscherlich entdeckte Unlöslichkeit des phosphorsauren Bleioxyds in Essigsäure zu dieser Scheidung zu benutzen, und

ich bin in der That endlich nach verschiedenen vergeblichen Versuchen dazu gelangt, die Methode aufzufinden, nach welcher man verfahren muß, um auf diesem Wege alle Phosphorsäure niederzuschlagen.

Zunächst stand mir die Erfahrung von Brett ¹⁾ entgegen, welcher fand, daß phosphorsaures Bleioxyd in kalter Salmiaklösung auflöslich sey, und es mußte daher zunächst untersucht werden, ob diese Auflöslichkeit einen bedeutenden Fehler veranlassen könne. Ich stellte mir deshalb jenes Salz nach der von Berzelius angegebenen Vorschrift aus Chlorblei und phosphorsaurem Bleioxyd dar, und brachte es noch feucht in eine concentrirte Salmiaklösung. Nachdem diese Gemenge so mehrere Stunden gestanden hatte, während welcher Zeit es häufig umgeschüttelt worden war, wurde filtrirt und zum Filtrat Schwefelwasserstoffwasser hinzugefügt. Die Flüssigkeit färbte sich gelb, durch eine höchst geringe Menge von Schwefelblei, welche allmählig, nur wenige Flocken bildend, zu Boden fiel. Eine so geringe Auflöslichkeit des phosphorsauren Salzes, selbst in concentrirter Salmiaklösung, konnte unmöglich einen bedeutenden Fehler der Bestimmung der Phosphorsäure veranlassen, namentlich da, wenn ich der Analyse des phosphorsauren Bleioxyds von Berzelius folge, nicht einmal der vierte Theil des gelösten Salzes auf Rechnung der Phosphorsäure fällt. Aus dem im nächsten Heft dieser Annalen enthaltenen Aufsätze über diesen Gegenstand wird man jedoch ersehen, daß der Gehalt desselben an dieser Säure noch weit geringer ist, daß er nur wenig mehr als 15 Proc. beträgt.

Ich schritt daher jetzt zur Prüfung der Methode selbst. Es wurde eine gewogene Menge reinen, schwach geglühten phosphorsauren Natrons, welches also nach der Formel $\ddot{\text{P}}\text{Na}^2$ zusammengesetzt war, in etwas Salzsäure gelöst, mit Ammoniak die Flüssigkeit übersättigt, und nun Essigsäure bis zur entschieden sauren Reaction hinzugefügt. Der durch Zusatz einer sehr verdünnten Lösung von salpetersaurem

1) Journal für practische Chemie, Bd. 10, S. 263.

Bleioxyd mit der Vorsicht erzeugte Niederschlag, dafs man einen zu grofsen Ueberschufs des Bleisalzes, welcher die Abscheidung von Chlorblei hätte veranlassen können, vermied, wurde abfiltrirt, ausgewaschen, getrocknet, und mit der bei allen Bleioxydsalzen nothwendigen Vorsicht geglüht und gewogen.

Anfänglich setzte ich das salpetersaure Bleioxyd zu der kalten Flüssigkeit. Da ich aber bemerkte, dafs der so erzeugte Niederschlag des phosphorsauren Salzes leicht durch's Filtrum ging, so erbitzte ich die Flüssigkeit bei den späteren Versuchen vor Zusatz des Bleisalzes und auch noch längere Zeit nach Erzeugung des Niederschlags bis fast zum Kochen, liefs sie etwas abkühlen und filtrirte dann erst ab. Auf diese Weise läfst sich jener Unannehmlichkeit leicht vorbeugen.

So erhielt ich aus 0,4567 Grm. phosphorsauren Natrons 1,020 Grm. des geglühten phosphorsauren Bleioxydsalzes. Ferner gaben 0,289 Grm. des Natronsalzes 0,6475 Grm. phosphorsaures Bleioxyd.

Wäre dieses so erhaltene Bleisalz von der Formel $\ddot{\text{P}}\text{Pb}^2$ gewesen, so würden die gefundenen Zahlen auf einen procentischen Gehalt des Natronsalzes von 54,13 und 54,29 schliessen lassen. Wäre es dagegen nach der Formel $\ddot{\text{P}}\text{Pb}^3$ zusammengesetzt gewesen, so müfste danach das Natronsalz 39,26 und 39,38 Proc. Phosphorsäure enthalten. Nach der Theorie enthält es aber 53,30 Proc.

Die Uebereinstimmung der Resultate unter sich brachte mich auf den Gedanken, es möchte die Anwendung des Natronsalzes Veranlassung der Abweichung derselben von der Theorie seyn. Bei dem folgenden Versuche, der ganz eben so angestellt wurde, wie die oben angeführten, wendete ich daher statt dessen das Magnesiasalz von der Formel $\ddot{\text{P}}\text{Mg}^2$ an, welches nach starkem Glühen der phosphorsauren Ammoniak-Talkerde zurückbleibt.

Aus 0,1497 Grm. dieses Salzes erhielt ich 0,442 Grm. phosphorsaures Bleioxyd. Wäre dieses nach der Formel $\ddot{\text{P}}\text{Pb}^2$ zusammengesetzt, so entspräche die gefundene Menge

des Bleisalzes einem procentischen Gehalt des Magnesiasalzes an Phosphorsäure von 71,54. Wäre dagegen seine Formel $\ddot{\text{P}}\text{Pb}^3$, so müßte dieses 51,90 Proc. Säure enthalten. Das Magnesiasalz enthält aber bekanntlich 63,33 Proc. Phosphorsäure.

Dieses Resultat brachte mich auf den Gedanken, daß die Anwesenheit der Pyrophosphorsäure in den zu dem Versuche benutzten phosphorsauren Salzen die Veranlassung zu jenen Abweichungen der Versuche von der Theorie gegeben haben möchte.

Bei dem folgenden Versuche schmelzte ich daher die gewogene Menge des Magnesiasalzes mit kohlensaurem Natron, um die Pyrophosphorsäure dadurch in die dreibasische Säure umzuwandeln. Mit der geschmolzenen Masse wurde dann eben so verfahren, wie bei den eben erwähnten Versuchen.

So erhielt ich aus 0,2414 Grm. des Magnesiasalzes 0,898 Grm. phosphorsaures Bleioxyd. Wäre dies nach der Formel $\ddot{\text{P}}\text{Pb}^3$ zusammengesetzt, so würde daraus auf einen Gehalt des Magnesiasalzes an Phosphorsäure von 65,37 Proc. zu schließen seyn. Es enthält aber nur 63,33 Proc.

Alle diese Versuche schreckten mich, obgleich sie zu keinem genügenden Resultate führten, dennoch noch nicht ab, sie weiter fortzusetzen. Im Gegentheil schien es mir interessant den Grund auszumitteln, welcher Veranlassung gewesen seyn möchte, daß ich bei dem letzten Versuche *mehr* phosphorsaures Bleioxyd erhielt, als ich hätte erhalten müssen, wenn das reine dreibasische Salz niedergefallen wäre. Zu dem Ende stellte ich den zuletzt erwähnten Versuch noch einige Male an, untersuchte aber das geglühte phosphorsaure Bleioxyd auf seinen Gehalt an Bleioxyd, indem ich es wieder in Salpetersäure löste, mit Schwefelsäure und Alkohol das Bleioxyd fällte, und das auf einem Filter gesammelte, mit Alkohol ausgewaschene schwefelsaure Bleioxyd trocknete, glühte und wog.

0,1613 Grm. phosphorsaure Magnesia lieferten so 0,617 Grm. phosphorsaures Bleioxyd, und aus diesen wurden 0,6908

Grm. schwefelsauren Bleioxyds erhalten. Diefs entspricht 0,5082 Grm. Bleioxyd. In den 0,1613 Grm. phosphorsaurer Talkerde mußten demnach 0,1088 Grm. Phosphorsäure enthalten seyn, oder in 100 Th. 67,45 Theile.

Aus 0,1527 Grm. phosphorsaurer Magnesia erhielt ich 0,670 Grm. phosphorsaures Bleioxyd und 0,717 Grm. schwefelsaures Bleioxyd. Diefs entspricht 0,5274 Grm. Bleioxyd und 0,1426 Grm. Phosphorsäure oder 93,39 Proc. des Magnesiasalzes.

0,149 Grm. desselben Salzes gaben endlich 0,6015 Grm. des phosphorsauren und 0,6597 Grm. des schwefelsauren Bleisalzes. Da in letzterem 0,4853 Grm. Bleioxyd enthalten sind, so würde hieraus ein Gehalt des Magnesiasalzes an Phosphorsäure von 0,1162 Grm. oder 77,98 Proc. folgen.

In allen diesen Fällen erhielt ich also mehr Phosphorsäure, als die angewendete phosphorsaure Magnesia enthalten haben konnte. Meine erste Vermuthung war die, es möchte trotz aller Vorsicht etwas Chlorblei mit dem phosphorsauren Bleioxyd niedergefallen seyn, wofür auch die Bemerkung zu sprechen schien, die ich beim Glühen des phosphorsauren Bleioxyds wiederholentlich zu machen Gelegenheit hatte, daß nämlich bei starker Hitze weiße Dämpfe aus demselben emporstiegen, die ich für Chlorblei hielt. Deshalb wendete ich bei einem folgenden Versuche alle Vorsicht an, um die Abscheidung des Chlorbleis zu vermeiden. Es wurde ein möglichst geringer Ueberschuß von salpetersaurem Bleioxyd angewendet, die Flüssigkeit heiß filtrirt, und so lange mit heißem Wasser ausgewaschen bis das Waschwasser nicht mehr durch salpetersaures Silberoxyd eine Trübung zeigte.

Der aus 0,2158 Grm. phosphorsaurer Talkerde auf solche Weise erhaltene Niederschlag wog, einmal geglüht, 0,9057 Grm., nahm aber bei erneutem Glühen unter Entwicklung einiger Dämpfe noch ab, bis er endlich 0,8942 Grm. wog. Hieraus wurden 0,968 Grm. schwefelsauren Bleioxyds erhalten. Diefs entspricht 0,7121 Grm. Bleioxyd. In den 0,2158 Grm. des Talkerdesalzes müßten also 0,1821 Grm. oder in

100 Th. 84,38 Th. Phosphorsäure enthalten gewesen seyn, wenn das geglühte Bleisalz reines dreibasisches phosphorsaures Bleioxyd gewesen wäre. Die Theorie verlangt aber einen Gehalt des Magnesiasalzes von 63,33 Proc.

Nach diesem Versuche konnte nicht mehr eine Verunreinigung des phosphorsauren Bleioxyds mit Chlorblei als Ursache dieser Differenzen angenommen werden. Die erwähnten Versuche lassen aber keine Annahme zu, als daß in dem geglühten Niederschlage, außer Phosphorsäure und Bleioxyd, noch ein anderer Körper enthalten seyn mußte. Es bleibt nur übrig anzunehmen, daß Chlorblei mit dem phosphorsauren Bleioxyd in chemische Verbindung treten, daß also künstlich eine ähnliche oder vielleicht dieselbe Verbindung erzeugt werden könne, die als Mineral unter dem Namen Buntbleierz bekannt ist.

Zunächst kam es darauf an, die Gegenwart des Chlors in dem gut ausgewaschenen Niederschlage direct nachzuweisen. Zu dem Ende wurde derselbe nochmals dargestellt, mit Wasser anhaltend ausgekocht, und endlich noch mit kochendem Wasser auf dem Filtrum gewaschen, bis das Filtrat keine Spur von Salzsäure mehr enthielt. Wurde das so erhaltene Bleisalz in Salpetersäure gelöst und die Lösung mit salpetersaurem Silberoxyd versetzt, so erhielt ich stets einen starken Niederschlag von Chlorsilber. Es war zu vermuthen, daß das nach Berzelius aus Chlorblei und phosphorsaurem Natron dargestellte phosphorsaure Bleioxyd auch Chlorblei enthalten möchte. Ein Versuch bestätigte diese Vermuthung vollkommen. Die Lösung des auf diese Weise dargestellten Salzes in Salpetersäure gab, mit salpetersaurem Silberoxyd versetzt, eine starke Fällung von Chlorsilber. Ueberhaupt scheint das phosphorsaure Bleioxyd, welches drei Atome der Basis enthält, eine starke Neigung zu haben, sich mit Chlorblei zu verbinden, denn stets fand ich dieß im Niederschlage, wenn phosphorsaures Bleioxyd aus einer Flüssigkeit niedergeschlagen wurde, die Chlor enthält.

Diese Beobachtungen veranlaßten mich, die phosphor-

sauren Salze des Bleioxyds zum Gegenstande einer neuen Untersuchung zu machen, deren Resultate in dem nächsten Hefte enthalten seyn werden. Zunächst ist aber aus diesen Versuchen klar, daß die Bestimmung der Phosphorsäure durch directe Wägung des geglühten, durch salpetersaures Bleioxyd aus der essigsauren Lösung erhaltenen Niederschlags nicht hinreichend genaue Resultate liefert. Außer dem Gehalt desselben an Chlorblei bietet ohne Zweifel auch die leichte Reducirbarkeit des Bleioxyds in dieser Verbindung durch die Kohle des Filtrums eine Ursache für die so sehr variirenden Resultate obiger Versuche dar.

Ich ging um so lieber von dieser Methode der directen Wägung jenes Niederschlags ab, als es mir mit Schwierigkeiten verknüpft zu seyn schien, jede Verunreinigung desselben von Chlorblei zu vermeiden, abgesehen von dem, welches wesentlich zu seiner Constitution gehört. Statt dessen versuchte ich nun, um dennoch die Methode, die Phosphorsäure durch ein Bleisalz von Alkalien und alkalischen Erden abzuscheiden, zur quantitativen Bestimmung derselben bei Aschenanalysen anzuwenden, aus dem Bleiniederschlage die Phosphorsäure wieder abzuscheiden, und sie dann durch Ammoniak und schwefelsaure Magnesia niederzuschlagen. Zu dem Zweck wurde derselbe bei den folgenden Versuchen in etwas verdünnter Salpetersäure gelöst, das Bleioxyd mittelst Schwefelsäure und Alkohol niedergeschlagen, und nachdem das schwefelsaure Bleioxyd vollständig mit Alkohol ausgewaschen worden war, aus der filtrirten Flüssigkeit durch Ammoniak und schwefelsaure Magnesia die Phosphorsäure gefällt. Der Niederschlag wurde mit verdünnter Ammoniakflüssigkeit gewaschen, getrocknet, geglüht und gewogen. Die zuerst hier anzuführenden Versuche wurden so angestellt, daß die zu denselben angewendeten Mengen pyrophosphorsaurer Magnesia nicht mit kohlensaurem Natron geschmolzen wurden, weil ich hoffte, die darin enthaltene Pyrophosphorsäure würde sich während der Dauer der Arbeit in die gewöhnliche Phosphorsäure umwandeln. Der erste Versuch schien diese Ansicht zu bestätigen.

Ich erhielt nämlich bei Anwendung von 0,1385 Grm. geglähter phosphorsaurer Talkerde aus dem daraus nach der oben beschriebenen Methode hergestellten Bleiniederschlage 0,1378 Grm. phosphorsaure Talkerde wieder.

Da es aber möglich ist, daß durch den Zusatz von schwefelsaurer Magnesia zu der alkoholischen, Phosphorsäure enthaltenden Flüssigkeit, welche von dem schwefelsauren Bleioxyd abfiltrirt worden war, neben der phosphorsauren Ammoniak-Talkerde auch noch schwefelsaure Talkerde, welche bekanntlich in Alkohol schwer löslich ist, niedergefallen war, welche zwar durch das ammoniakhaltige Waschwasser hätte gelöst werden müssen, aber wegen Abwesenheit von Ammoniaksalzen in demselben möglicherweise so hätte zersetzt werden können, daß die Talkerde sich ausscheiden mußte, so war die Möglichkeit vorhanden, daß die Uebereinstimmung der bei dem zuletzt angeführten Versuche gefundenen Menge phosphorsaurer Talkerde mit der angewendeten nur durch Compensation eines Fehlers mittelst dieses Fehlers veranlaßt worden seyn möchte. Um dieses zu untersuchen, wurde bei den folgenden Versuchen, die sonst ganz eben so angestellt wurden, wie jener, der Niederschlag der phosphorsauren Ammoniak-Talkerde anfänglich mit ammoniak- und zugleich salmiakhaltigem Wasser gewaschen.

Auf diese Weise erhielt ich bei Anwendung von 0,286 Grm. phosphorsaurer Magnesia nur 0,250 Grm., und bei einem anderen Versuche, zu welchem 0,2385 Grm. angewendet wurden, nur 0,216 Grm. wieder.

Hieraus scheint hervorzugehen, daß die eben geäußerte Vermuthung richtig seyn möchte, zugleich aber, daß selbst auf diese Weise die Phosphorsäure nicht genau bestimmt werden könne.

Allein noch hoffte ich, daß die Anwendung des pyrophosphorsauren Salzes diese Differenz veranlaßt haben, daß, mit anderen Worten, dieselbe von nicht vollkommener Unlöslichkeit der pyrophosphorsauren Magnesia in einer ammoniakalischen Flüssigkeit herrühren möchte.

Um dieses nachzuweisen, löste ich eine gewogene Menge

geglühter, also pyrophosphorsaurer Magnesia in Salzsäure auf, und schlug sie aus der Lösung durch Ammoniak mit Zusatz von etwas schwefelsaurer Magnesia wieder nieder. Der so erhaltene geglühte Niederschlag wog stets viel weniger, als die angewendete Menge des Talkerdesalzes betrug.

In einem Versuche erhielt ich statt 0,335 Grm. nur 0,270 Grm., im zweiten statt 0,498 Grm. nur 0,432 Grm., und im dritten statt 0,2628 Grm. gar nur 0,193 Grm. dieses Salzes wieder. Es ist daher bei der Bestimmung der Phosphorsäure durch ein Magnesiasalz wohl zu beachten, daß nur die gewöhnliche Phosphorsäure nach dieser Methode bestimmt werden kann. Demnach ist klar, daß auch bei den obigen Versuchen die Eigenschaft der pyrophosphorsauren Magnesia, durch Ammoniak nicht vollständig gefällt zu werden, die Ursache des Mißlingens derselben seyn konnte. Daher wiederholte ich jene Versuche ganz in derselben Weise nochmals, doch mit der Vorsorge, daß die Pyrophosphorsäure des geglühten Magnesiasalzes durch Schmelzen desselben mit kohlensaurem Natron in die dreibasische Säure umgewandelt wurde, bevor ich sie durch salpetersaures Bleioxyd niederschlug, und diese Versuche haben endlich das gewünschte Resultat in solcher Vollkommenheit gegeben, daß an der Genauigkeit dieser Methode, die Phosphorsäure zu bestimmen, nicht zu zweifeln ist.

Ich lasse dieselben hier folgen:

- 1) Bei Anwendung von 0,259 Grm. phosphorsaurer Talkerde erhielt ich 0,261 Grm. dieses Salzes wieder.
- 2) Bei einem zweiten Versuche wurden 0,2255 Grm. jenes Salzes angewendet, und 0,2265 Grm. wieder erhalten.
- 3) Von 0,344 Grm. phosphorsaurer Magnesia endlich erhielt ich 0,343 Grm. wieder.

Die geringen Abweichungen zwischen den gefundenen und angewendeten Mengen des Magnesiasalzes sind ohne Zweifel nur durch Fehlerquellen veranlaßt, welche jedem analytischen Versuche anhaften, und ich glaube daher, die Brauchbarkeit dieser Methode, die Phosphorsäure von den Al-

kalien und alkalischen Erden abzuscheiden und quantitativ zu bestimmen, durch die angeführten Versuche hinreichend erwiesen zu haben.

Ich war oben in der Beschreibung der Methode der Scheidung der Aschenbestandtheile bis zu dem Punkte gelangt, daß nach Abscheidung der Kieselsäure, des phosphorsauren Eisenoxyds, der Kalkerde und der phosphorsauren Talkerde nur noch Phosphorsäure, Kali und Natron oder in seltenen Fällen auch Magnesia, Kali und Natron, und keine Phosphorsäure in der Flüssigkeit enthalten seyn konnte. Zunächst muß nun die Phosphorsäure abgeschieden werden. Zu dem Ende dampft man die Flüssigkeit bis fast zur Trockne ein, um das freie und essigsaure Ammoniak möglichst abzuscheiden, und setzt zu der mit Essigsäure angesäuerten verdünnten Flüssigkeit, nachdem sie bis fast zum Kochen erhitzt ist, eine sehr verdünnte Auflösung von salpetersaurem Bleioxyd hinzu, bis ein neuer Tropfen derselben keinen Niederschlag mehr veranlaßt. Es läßt sich dieß ziemlich leicht beobachten, wenn man vor Zusatz dieses Probetropfens die heiße Flüssigkeit einen Augenblick von der Lampe nimmt. Das gefällte phosphorsaure Bleioxyd senkt sich ziemlich schnell zu Boden, und in der überstehenden Flüssigkeit läßt sich dann jede entstehende Trübung leicht bemerken. Darauf setzt man eine Mischung von Ammoniak mit kohlensaurem Ammoniak hinzu, um das überschüssig zugesetzte Bleioxyd zu fällen, filtrirt die Flüssigkeit noch heiß ab und wäscht den Niederschlag mit Wasser gut aus. Durch das Ammoniak und kohlensaure Ammoniak wird nichts von dem phosphorsauren Bleioxyd so zersetzt, daß Phosphorsäure in die Lösung überginge, wie dieß in einem folgenden Aufsatze: „Neue Methode, die Magnesia von den Alkalien zu scheiden“, bewiesen ist. Man bringt ihn darauf noch mit dem Filtrum in ein Becherglas, löst ihn in wenig verdünnter Salpetersäure auf, und schlägt das Bleioxyd mit Schwefelsäure und Alkohol nieder. Darauf filtrirt man ab, wäscht mit etwas verdünntem Alkohol aus, und fällt die Phosphorsäure aus der vorher mit Am-

moniak übersättigten filtrirten Flüssigkeit mittelst schwefelsaurer Magnesia. Nachdem die phosphorsaure Ammoniak-Talkerde sich vollständig gesenkt hat, gießt man vorsichtig die Flüssigkeit auf ein Filtrum, auf welchem der Niederschlag zuerst mit salmiakhaltendem ammoniakalischem Wasser und zuletzt nur mit ammoniakalischem Wasser ausgewaschen wird. Man glüht und wägt ihn auf die bekannte Weise.

Die Flüssigkeit, welche von dem Bleiniederschlage abfiltrirt ist, enthält, wenn bei dem eben beschriebenen Versuche wirklich ein Niederschlag von phosphorsaurer Ammoniak-Talkerde entstanden seyn sollte (die Entstehung eines Niederschlags durch das Bleisalz genügt natürlich nicht, da derselbe aus schwefelsaurem Bleioxyd bestehen könnte), nur noch Kali und Natron, welche auf die bekannte Weise als schwefelsaure Salze bestimmt werden, aus denen das Kali durch Platinchlorid abgeschieden wird.

Sollte man dagegen in dem durch das Bleioxydsalz erhaltenen Niederschlag keine Phosphorsäure haben auffinden können, so kann noch Magnesia neben Kali und Natron in der Flüssigkeit enthalten seyn. Diese werden leicht nach der in dem folgenden Heft dieser Annalen von mir angegebenen Methode geschieden und bestimmt.

In dem Vorhergehenden ist die Methode enthalten, nach welcher man verfährt, um die feuerbeständigen Bestandtheile solcher organischen Substanzen zu bestimmen, welche weder kohlensaure Alkalien noch Salze dieser Basen mit organischen Säuren enthalten. Dieser Fall ist der seltenere. Der normale Harn ist die einzige organische Substanz, in welcher die Abwesenheit jener Verbindungen erwiesen ist. Ich komme jetzt zur Besprechung desjenigen Falles, wo auch sie zu berücksichtigen sind. Es kommt hier namentlich darauf an, diejenige Menge der Kohlensäure zu bestimmen, welche der Summe der Kohlensäure der in der organischen Substanz enthaltenen und der aus den organisch sauren Salzen beim Verkohlen sich bildenden kohlensauren Salze entspricht, zu bestimmen.

Weiter oben habe ich gezeigt, daß wenn ein kohlen-saures Alkali mit gewöhnlichem phosphorsauren Natron bis zur Verkohlungs-hitze erhitzt wird, Kohlensäure ausgetrieben und dreibasisches phosphorsaures Natron gebildet wird. Es geht also bei der Verkohlung organischer Substanzen, wenn diese beiden Salze gemengt in der Kohle enthalten sind, was wohl in den meisten Fällen der Fall ist, immer aber vorgesehen werden muß, stets Kohlensäure verloren, und es kommt daher bei Untersuchung der Aschen darauf an, nicht allein die zurückgebliebene, sondern auch die hiedurch ausgetriebene Menge an Kohlensäure zu bestimmen. Zunächst suchte ich nach einem Mittel, die beim Verkohlen unter Bildung von dreibasischem phosphorsauren Alkalisalz ausgetriebene Kohlensäure zu restituiren, um sie dann direct zu bestimmen. Da die phosphorsauren Salze mit drei Atomen feuerbeständiger alkalischer Basis durch Kohlensäure wieder in solche mit zwei Atomen derselben und mit einem Atom Wasser umgewandelt werden, so durfte ich hoffen, durch Einwirkung dieser Gasart, auf die mit Wasser digerirte Kohle der organischen Substanz, die darin enthaltenen phosphorsauren Salze wieder in denselben Zustand zurückzuführen, in dem sie vor der Verkohlung waren, und ihnen wieder gerade so viel Kohlensäure zuzuführen, als der organischen Substanz durch das Verkohlen entzogen worden war, vorausgesetzt, was man wohl annehmen kann, daß saure phosphorsaure Salze neben kohlen-sauren oder organisch sauren im Organismus nicht bestehen können. Die in der Masse nach dieser Operation enthaltene Kohlensäure hoffte ich unmittelbar nach einer der bekannten Methoden bestimmen zu können.

Um die Brauchbarkeit dieser Methode zu beweisen, waren jedoch einige Einwürfe zu beseitigen, erstens, ob bei der zum Verkohlen nöthigen Hitze die rückständige Kohle nicht noch etwas Kohlensäure condensirt zurückhalten möchte, welche dann bei Bestimmung derselben durch eine Säure mit ausgetrieben werden könnte; zweitens, ob bei dieser Austreibung die Kohle nicht Kohlensäure zurückhalten möchte,

wodurch ein Verlust an Kohlensäure entstehen könnte, endlich drittens, ob durch Kohlensäure wirklich die phosphorsauren Alkalisalze mit drei Atomen der feuerbeständigen Basis *vollständig* in das gewöhnliche Salz umgewandelt werden könnten.

Die ersten beiden Fragen erledigte ich durch folgende Versuche. Mit der Lösung einer gewogenen Menge geschmolzenen reinen kohlensauren Natrons wurde eine bedeutende Parthie bei derjenigen Temperatur dargestellter reiner Zuckerkohle, bei welcher die Verkohlung organischer Substanzen zur Bestimmung ihrer Asche geschehen muß, in einem Glaskolben gemengt, in welchen ein Salzsäure enthaltendes Röhrchen so eingebracht werden konnte, daß sich die Säure nicht mit jener Lösung mischte. Ein durchbohrter Kork verschloß den Kolben, und befestigte auf demselben ein mit zwei Kugeln versehenes, um es bequem auf die Wage bringen zu können, drei Mal rechtwinklich gebogenes Chlorcalciumrohr. Der Apparat wurde, nachdem er eine Stunde und mehr auf der Wage gestanden hatte, gewogen. Sobald die Säure mit großer Vorsicht sehr allmählig mit der alkalischen Flüssigkeit gemischt war, befestigte ich an das Chlorcalciumrohr ein zweites, um den Zutritt der Feuchtigkeit der Atmosphäre zu ersterem zu verhindern, und trieb durch wiederholtes Erwärmen die Kohlensäure vollständig aus. Nach zwölf bis vier und zwanzig Stunden wurde der Apparat wieder gewogen. Die Gewichts-differenz mußte genau der Menge Kohlensäure entsprechen, welche in der angewendeten Menge des Natronsalzes enthalten war, wenn die Eigenschaft der Kohle, Gase zu condensiren, ohne Einfluß auf die Kohlensäurebestimmung wäre.

Aus 0,670 Grm. kohlensauren Natrons erhielt ich 0,276 Grm. Kohlensäure; aus 0,7595 Grm. 0,310 Grm.; aus 0,6825 Grm. 0,2835 Grm.; aus 0,7093 Grm. 0,2945 Grm. Kohlensäure. Diefß entspricht in den vier Versuchen einem procentischen Gehalt des kohlensauren Natrons von 41,49; 40,82; 41,54; 41,56 Procent Kohlensäure. Die Rechnung ergiebt

41,30

41,30 Proc. Diese Zahl stimmt mit den gefundenen hinreichend überein, um den Schluss zu gestatten, daß die Anwesenheit der Kohle keinen Einfluss auf die Genauigkeit dieser Methode der Kohlensäurebestimmung äußert.

Um die letzte Frage zu erledigen, nämlich, ob durch Kohlensäure die phosphorsauren Salze mit drei Atomen feuerbeständiger alkalischer Basis vollständig in kohlensaures Alkali verwandelt werden, schmelzte ich eine gewogene Quantität kohlensauren Natrons mit etwas gewöhnlichem phosphorsauren Natron zusammen. Unter Aufbrausen bildete sich das Salz mit drei Atomen feuerbeständiger Basis. Die Masse wurde in Wasser gelöst, durch die Lösung so lange Kohlensäure geleitet, bis selbst beim schwachen Erwärmen derselben sich sogleich Gasblasen am Boden des Gefäßes bildeten, und dieselbe dann im Wasserbade bis fast zur Trockne abgedampft. Der Rückstand wurde nun vollständig in den oben beschriebenen Apparat zur Kohlensäurebestimmung gebracht, auf die dort angegebene Weise die Kohlensäure ausgetrieben und bestimmt.

So erhielt ich Kohlensäuremengen, welche einen procentischen Gehalt des Natronsalzes von 56,05; 48,25; 53,62 entsprechen würden, während der wahre Gehalt desselben nur 41,30 beträgt. Selbst wenn ich die Masse im Wasserbade zur Trockne abdampfte, ehe die Kohlensäure bestimmt wurde, erhielt ich 48,67; 44,59 Proc. Kohlensäure. Erhitzte ich aber die zur Trockne abgedampfte Masse bis 105° — 110° , so erhielt ich stets zu wenig Kohlensäure, nämlich 39,55; 33,78 Proc. Indem ich nach dem Grunde für diese unerwarteten Resultate meiner Versuche forschte, fand ich, daß das pyrophosphorsaure Natron, welches sich beim Glühen von kohlensaurem mit phosphorsaurem Natron bilden konnte, durch Kohlensäure in saures pyrophosphorsaures und kohlensaures Salz zersetzt wird. Denn wurde durch eine Lösung von diesem Salze Kohlensäure geleitet, und die überschüssige Kohlensäure durch Abdampfen bis fast zur Trockne verjagt, so brauste die rückständige Flüssigkeit nicht unbedeutend beim Zusatz von Salzsäure.

Hieraus geht hervor, daß es nicht möglich ist, gerade eben so viel Kohlensäure einer verkohlten Masse wieder zu restituiren, als sie in Folge der Zersetzung eines kohlen-sauren Salzes durch ein pyrophosphorsaures Salz bei der Verkohlungs-temperatur verloren hat. Ich hätte diese Versuche nicht ausführlich beschrieben, wenn ich nicht geglaubt hätte, sie möchten doch bei anderen Untersuchungen von Nutzen seyn können; denn es ist mir indessen ein Grund für die Unbrauchbarkeit der Methode der directen Kohlensäurebestimmung überhaupt wieder eingefallen, den ich bei Anstellung jener Versuche übersehen hatte. Es ist nämlich die Bildung von Cyanmetallen oder cyansauren Salzen nicht zu vermeiden, wenn kohlen-saure Alkalien mit stickstoffhaltigen organischen Substanzen selbst nur bis zur Verkohlungs-temperatur erhitzt werden, und es ist klar, daß wenn statt einer gewissen Portion Kohlensäure eine äquivalente Menge dieser Säuren ausgetrieben wird, der Gewichtsverlust ein anderer seyn muß, als wenn die ausgetriebene Säure nur Kohlensäure wäre.

Ich schritt daher zur Prüfung einer anderen Methode, diejenige Kohlensäuremenge zu bestimmen, welche einen Schluß auf die Menge kohlen-saurer oder organisch saurer Salze mit feuerbeständiger Basis gestattete, die in einer zu untersuchenden organischen Substanz enthalten sind. Da nämlich durch Salzsäure die phosphorsauren Salze mit drei Atomen feuerbeständiger Basis, wenn sie damit abgedampft und schwach geglüht werden, eben so zersetzt werden, wie durch Kohlensäure, nur mit dem einzigen Unterschiede, daß statt kohlen-sauren Salzes eine äquivalente Menge eines Chlormetall-sich erzeugt, so hoffte ich, durch Bestimmung des Chlorgehalts der Aschenbestandtheile einer organischen Substanz, nachdem dieselben mit Salzsäure digerirt, bis zur Trockne abgedampft und wieder schwach geglüht worden sind, einen Schluß auf die Menge jener Salze in der unverkohlten organischen Substanz möglich zu machen, wobei natürlich auf den Chlorgehalt derselben Rücksicht genommen werden muß.

Man würde also auf folgende Weise verfahren müssen.

Eine gewogene Portion des organischen Körpers wird auf die oft erwähnte Weise verkohlt, die Masse mit Wasser zerrieben und anhaltend mit heissem Wasser ausgewaschen. Nachdem dieß mit Salpetersäure angesäuerte Filtrat in einem hellen Raume so lange gestanden hat, bis durchaus kein Geruch nach Cyanwasserstoffsäure mehr zu bemerken ist, wenn derselbe beim Ansäuern zum Vorschein gekommen seyn sollte, so bestimmt man die Menge des Chlors in dieser Flüssigkeit nach der bekannten Methode durch salpetersaures Silberoxyd.

Die andere Portion derselben organischen Substanz wird gleichfalls verkohlt, die verkohlte Masse mit Salzsäure fein gerieben und in einer Schale mit Salzsäure längere Zeit digerirt. Darauf filtrirt man ab, wäscht mit heissem Wasser die Kohle aus, dampft das Filtrat zur Trockne ein, glüht den Rückstand gelinde und bestimmt nun den Gehalt desselben an Chlor.

Die Differenz der durch diese beiden Versuche gefundenen, auf Procente berechneten Chlormengen ist die dem procentischen Gehalt der organischen Substanz an kohlensauren oder organisch sauren Salzen mit feuerbeständiger Basis äquivalente Menge Chlor. Es läßt sich daher daraus berechnen, wie groß der Kohlensäuregehalt der feuerbeständigen Bestandtheile der zu untersuchenden organischen Substanz hätte seyn müssen, wenn nicht bei der Verkohlung Kohlensäure durch Einwirkung eines zweibasischen phosphorsauren Salzes auf ein kohlensaures Alkali ausgetrieben worden wäre.

Um die Genauigkeit dieser Methode zu beurtheilen, muß zuerst begründet werden, daß von den Basen der unorganischen Bestandtheile organischer Substanzen bei der vorgeschlagenen Methode der Darstellung ihrer feuerbeständigen Bestandtheile nichts verloren geht, und daß die Quantität Säure, welche dieselben, nachdem sie mit Salzsäure abgedampft und schwach geglüht sind, binden, der äquivalent ist, mit welcher sie vor dem Verkohlen verbunden waren. Ersteres ist, wie schon oben bemerkt ist, schon

von H. Rose dargethan worden, ich brauche mich daher hier nicht weiter darauf einzulassen. Um dagegen letzteres nachzuweisen, müssen wir den ganzen Proceß, welcher bei jener Operation mit den feuerbeständigen Bestandtheilen vorgehen muß, durchgehen.

Die schwefelsauren Salze und die Chlormetalle können durch Einwirkung von Salzsäure in keiner Weise verändert werden, die überschüssige Salzsäure muß beim schwachen Glühen derselben ausgetrieben werden. Diejenige Quantität Basis aber, welche an Kohlensäure oder an eine organische Säure in der organischen Substanz gebunden war, muß nach bekannten chemischen Gesetzen eine äquivalente Menge Salzsäure binden. Nur die phosphorsauren Salze machen einige Schwierigkeiten, weil die Säure derselben bei der zu den Versuchen nothwendigen Temperatur in Pyrophosphorsäure verwandelt werden kann, wo sie dann eine ganz andere Quantität Basis bindet, als in ihrer gewöhnlichen Modification, in welcher Form sie in organischen Substanzen enthalten angenommen werden muß.

Beim Verkohlen organischer Substanzen, welche kohlen-saure oder organisch saure Salze mit feuerbeständiger Basis enthalten, kann nichts von dem Chlorgehalt derselben verloren gehen. Da einerseits in ihnen das Chlor stets mit Metallen, welche feuerbeständige Basen bilden, verbunden seyn muß, und da diese Chlormetalle bei der Verkohlungs-temperatur weder verflüchtigt noch durch die gebildete Kohle oder durch die vorhandenen Salze zersetzt werden können. Von der Kohle ist dies bekannt, ebenso von den schwefelsauren, kohlen-sauren und cyansauren Salzen, wie von den Cyanmetallen, welche alle in der verkohlten Masse vorkommen können. Dafs auch die phosphorsauren Salze nicht die Zersetzung jener Chlorverbindungen veranlassen können, habe ich durch Versuche nachzuweisen mich bemüht. Schon oben habe ich erwähnt, dafs wenn eine Mengung von Chlornatrium mit gewöhnlichem phosphorsauren Natron bis zur Verkohlungs-temperatur erhitzt, und aus der in verdünnter Salpetersäure gelö-

sten Masse durch einen Ueberschufs von salpetersaurem Silberoxyd das Chlor vollständig ausgefällt wird, man durch Zutropfeln von Ammoniak zu der filtrirten Flüssigkeit einen rein weissen Niederschlag von pyrophosphorsaurem Silberoxyd erhält. Das aus dem gewöhnlichen phosphorsauren Natron durch das schwache Glühen hergestellte pyrophosphorsaure Natron wirkt daher bei dieser Temperatur nicht zersetzend auf Chlornatrium ein, denn wäre dieß der Fall, so müßte der durch Ammoniak erzeugte Niederschlag gelb seyn, wie er es in dem Falle ist, wenn jene Mengung heftig geglüht wird. Es ist also in der Kohle solcher organischer Substanzen noch die ganze Menge Chlor enthalten, welche sich in der unverkohlten Substanz befand. Zugleich aber sind bei der Verkohlung die organisch sauren Salze in kohlensaure, cyansaure oder in Cyanmetalle, die gewöhnlichen phosphorsauren Alkalisalze in pyrophosphorsaure umgewandelt worden, durch deren Einwirkung auf einander sich zum Theil wieder gewöhnlich phosphorsaures Alkali mit drei Atomen fixer Basis gebildet haben kann.

Wird nun diese Masse mit Salzsäure ausgezogen, so bilden die kohlensauren, die cyansauren Salze und die Cyanmetalle Chlormetalle; die phosphorsauren Alkalisalze dagegen werden in Chlormetalle und einerseits saure pyrophosphorsaure Salze, andererseits Salze von der Formel $\text{P}\ddot{\text{R}}^2 + \text{H}$ zersetzt. Man sollte daher meinen, daß man beim Abdampfen des sauren Auszuges der Kohle nicht allein so viel Chlor mehr, als in der Kohle zugegen war, im Rückstande behalten müßte, als den kohlensauren und organisch sauren Salzen der organischen Körper entspricht, sondern außerdem noch so viel mehr, als bei Zersetzung des pyrophosphorsauren Alkalis sich Chlormetall bilden kann. Allein beim Abdampfen der durch Salzsäure stark sauren Flüssigkeit wird bekanntlich die Pyrophosphorsäure wieder in gewöhnliche Phosphorsäure umgewandelt, und beim Abdampfen zur Trockne bleibt daher nur das gewöhnliche phosphorsaure Natron zurück. Glüht man die Masse schwach, um die letzten Spuren von freier Salzsäure zu verjagen,

so müßte man danach wieder nur neutrales pyrophosphorsaures Natron und keine Spur des sauren Salzes erhalten. Es müssen also in der mit Salzsäure abgedampften und schwach geglühten Masse nur gerade so viel Chlor mehr enthalten seyn, als der Quantität kohlensaurer und organisch saurer Salze entspricht, welche in der organischen Substanz enthalten waren.

Dafs wirklich bei solcher Behandlung von verkohlten organischen Substanzen die Bildung von pyrophosphorsau-rem Alkalisalz der Bestimmung der Kohlensäuremenge, welche den in denselben enthaltenen kohlensauen und organisch sauren Salzen mit feuerbeständiger Basis entspricht, keinen Eintrag thut, scheint durch die weiter oben angeführten Versuche mit Harn experimentell dargethan worden zu seyn. Hätte nämlich das bei Verkohlung des Harns gebildete pyrophosphorsaure Natron, als die Kohle mit Salzsäure ausgezogen wurde, Veranlassung zur Bildung von etwas Chlormetall gegeben, so müßte in der mit Salzsäure extrahirten Parthie derselben, nach dem Abdampfen und schwachen Glühen des sauren Auszuges, mehr Chlor gefunden worden seyn, als in der mit Wasser ausgezogenen Harnkohle, wenn nicht ein Fehler nach der entgegengesetzten Richtung vorhanden seyn sollte, welches jedoch bei dem vorliegenden Falle nicht statt hat. Die beiden Chlormengen waren aber vollkommen gleich, und es scheint daher hiedurch die Brauchbarkeit der beschriebenen Methode der Bestimmung jener Kohlensäuremenge experimentell nachgewiesen zu seyn.

Dessen ungeachtet wollte ich es doch nicht unterlassen, auch noch einen directen Versuch zu machen. Ich glühte nämlich ein Gemenge einer gewogenen Quantität kohlensauen Natrons und einer solchen Menge gewöhnlichen phosphorsauren Natrons, dafs noch etwas pyrophosphorsaures Natron in der geglühten Masse zurückblieb, löste die Masse in Wasser, trieb durch einen starken Ueberschuß von Salzsäure die Kohlensäure aus, dampfte die Lösung zur Trockne ein und glühte den Rückstand schwach. Aus der in Was-

ser und Salpetersäure wieder gelösten Masse wurde das Chlor nach der bekannten Methode gefällt und bestimmt. Auf ein Aequivalent kohlensauren Natrons mußte genau ein Aequivalent Chlorsilber gewonnen werden.

Als 0,6433 Grm. kohlensaures Natron auf die angeführte Weise behandelt wurden, erhielt ich 1,9925 Grm. Chlorsilber. Diefs entspricht einen Gehalt des kohlensauren Natrons von 0,3054 Grm. oder 47,47 Proc. Kohlensäure.

Bei einem zweiten Versuche erhielt ich bei Anwendung von 0,6067 Grm. kohlensauren Natrons 1,837 Grm. Chlorsilber. Diefs entspricht 0,2815 Grm. oder 46,40 Proc. Kohlensäure.

Bei Anwendung von 0,412 Grm. des Natronsalzes wurden endlich 1,222 Grm. Chlorsilber erhalten. Diefs entspricht 0,1873 Grm. oder 45,46 Proc. Kohlensäure. Der procentische Gehalt des kohlensauren Natrons beträgt aber 41,30.

Endlich erhielt ich bei Anwendung von 0,4378 kohlensauren Natrons 1,232 Grm. Chlorsilber. Daraus ist auf einen Gehalt dieses Salzes an Kohlensäure von 0,1888 Grm. oder 43,12 Proc. zu schliessen. Bei diesem Versuche war die Masse zur Austreibung der überschüssigen Salzsäure anhaltend bei etwas stärkerer Hitze geglüht worden, als zur Verkohlung organischer Substanzen nöthig ist.

Der Grund der Differenzen der Resultate dieser Versuche und der Theorie fand sich leicht. Als nämlich gewöhnliches phosphorsaures Natron mit etwas Salzsäure zur Trockne abgedampft, bis zur dunkeln Rothglühhitze in einer Platinschale erhitzt, die Masse in etwas Salpetersäure gelöst und zur Flüssigkeit salpetersaures Silberoxyd gesetzt wurde, entstand ein nicht unbedeutender Niederschlag von Chlorsilber, ein Beweis, daß noch etwas saures phosphorsaures Natron in der Masse zurückgeblieben war. Bedeutend stärkere Hitze zur Austreibung des Chlors anzuwenden, ist unthunlich, da, wie ich weiter oben gezeigt habe, dadurch unter Entwicklung von Chlor das dreibasische phosphorsaure Alkalisalz gebildet wird.

Es ist daher aus diesen Versuchen klar, daß auch nach dieser Methode nicht ganz genaue Resultate erhalten werden. Indessen müssen sie jedenfalls genauer ausfallen, als die nach den Methoden der directen Kohlensäurebestimmung gefundenen, mag man die beim Glühen der Kohle durch die phosphorsauren Alkalien ausgetriebene Quantität derselben nach der weiter oben beschriebenen Methode ersetzt haben oder nicht.

Sind keine phosphorsauren Alkalisalze in der organischen Substanz vorhanden, so sind alle drei Methoden genau, vorausgesetzt, daß zur directen Bestimmung der Kohlensäure die kohlige Masse, und nicht, wie H. Rose es vorschlägt, der wäßrige Auszug derselben angewendet wird. Denn in vielen Fällen, z. B. bei Untersuchung der Knochen, bleibt kohlensaurer Kalk im Rückstande, wenn man die Kohle derselben mit Wasser auswäscht. Finden sich dagegen jene Salze darin vor, so sprechen meine Versuche entschieden dafür, daß dann die Methode, die Kohlensäure durch die Differenz der Chlorsilbermengen in dem wäßrigen Auszug der Kohle und in dem abgedampften und schwach geglühten salzsauren Auszug derselben zu bestimmen, die der Wahrheit am nächsten kommenden Resultate liefern wird.

Der Gehalt der organischen Substanzen an phosphorsauren Alkalien ist in der Regel nicht groß, und es kann der dadurch hervorgebrachte Fehler nur sehr unbedeutend seyn. Diefes geht auch schon daraus hervor, daß ich bei den schon mehrmals erwähnten Versuchen mit Harn in dem wäßrigen Auszuge dieselbe Quantität Chlor fand, welche auch in dem schwach geglühten salzsauren Auszuge gefunden wurde, obgleich im Harn, im Verhältniß zu andern organischen Substanzen, ziemlich viel phosphorsaures Alkali enthalten ist.

Es ist aber noch ein Umstand zu berücksichtigen, welcher der Anwendung dieser Methode sich entgegenzustellen scheint. Es ist nämlich bekannt, daß sich die Kohle gewisser organischer Substanzen nur sehr schwer mit Was-

ser auswaschen läßt. Bei den pflanzlichen Substanzen, welche ich untersucht habe, ist es mir jedoch stets gelungen, die Kohle von allem Chlor zu befreien, so daß sie, mit Salpeter verpufft, an diesen eine kleine Spur Chlor abgab. Eben dasselbe gilt vom Harn. Namentlich aber beim Blute hat es mir nicht gelingen wollen, selbst durch das anhaltendste Auswaschen mit kaltem oder heißem Wasser, selbst mit kalter und heißer verdünnter Salpetersäure, die Kohle von allem Chlor zu befreien. Der Niederschlag, welcher erhalten wurde, wenn der Salpeter, mit welchem die Kohle verpufft worden war, in verdünnter Salpetersäure gelöst und mit salpetersaurem Silberoxyd versetzt wurde, war jedoch stets sehr gering, und bei Anwendung gleicher Quantitäten desselben Blutes schien seine Menge dem Anschein nach ziemlich gleich groß zu seyn. Da nun zur Bestimmung der Kohlensäure die Differenz zweier Chlorsilbermengen benutzt wird, bei deren Abscheidung man demselben sehr geringen Fehler ausgesetzt ist, so möchte er für die Kohlensäurebestimmung selbst wohl ziemlich vollständig aufgehoben seyn.

Es fragt sich aber ferner, wie die Menge der feuerbeständigen Bestandtheile ~~einer~~ solchen organischen Substanz bestimmt werden soll, ~~welche~~ bei der Verkohlung kohlen-saure Salze bildet. Offenbar muß man zuerst die Kohlensäure bestimmen, ehe man daran denken kann, zur Bestimmung derselben zu schreiten. Durch die Austreibung der Kohlensäure wird aber ihre Zusammensetzung wesentlich verändert, und es ist daher nicht möglich, sie direct zu bestimmen. Wenn man aber bedenkt, daß jene Veränderung nur darin besteht, daß an Stelle einer gewissen Quantität Kohlensäure eine ihr äquivalente Menge Chlor tritt, und daß jene Menge Kohlensäure durch einen Versuch ermittelt worden ist, so ist klar, daß, wenn man einfach die durch Abdampfen der salzsauren Lösung sämtlicher feuerbeständiger Bestandtheile bis zur Trockne und durch schwaches Glühen erhaltene Salzmasse wägt, man eine Zahl erhält, aus der mittelst einer einfachen Correction wegen der

Kohlensäure die wahre Menge der feuerbeständigen Bestandtheile der organischen Substanz leicht gefunden werden kann. Diese Correction ist zudem noch so unbedeutend, daß, wenn nur wenig Kohlensäure vorhanden seyn sollte, die ursprünglich gefundene Zahl fast unverändert bleiben wird. Denn an die Stelle von einem Aequivalent Kohlensäure (275) und einem Aequivalent Sauerstoff (100; Summa 375) tritt ein Aequivalent Chlor mit dem Aequivalent 442,65.

Von der durch Abdampfen des salpetersauren Auszuges erhaltenen Menge feuerbeständiger Bestandtheile muß also noch so viel abgezogen werden, als die Differenz der Summe der gefundenen Kohlensäure, und der ihr aequivalenten Menge Sauerstoff einerseits und der ihr aequivalenten Menge Chlor andererseits beträgt. Man findet diese Differenz ein-

fach nach der Formel $x = \frac{a(\text{Cl} - \ddot{\text{C}} - \text{O})}{\ddot{\text{C}}}$, wenn a die ge-

fundene Menge Kohlensäure, Cl , $\ddot{\text{C}}$, O , aber die entsprechenden Atomgewichte bezeichnen. Da $\frac{\text{Cl} - \ddot{\text{C}} - \text{O}}{\ddot{\text{C}}}$ eine

constante Zahl ist, nämlich $= 0,246$, so kann man die Formel auch einfach ausdrücken durch $x = a \cdot 0,246$.

Die Methode, das Chlor in den organischen Substanzen zu bestimmen, wie ich sie oben bei Gelegenheit der Kohlensäurebestimmung beschrieben habe, liefert gewiß in vielen Fällen ein genügendes Resultat. Allein ich erwähnte schon so eben, daß es mir nicht hat gelingen wollen, Blutkohle so weit auszuwaschen, daß in dem auf dem Filtrum bleibenden Rückstand, nachdem die Kohle vollständig verbrannt war, keine Spur von Chlor nachzuweisen gewesen wäre.

In diesen Fällen würde man also, wollte man das Chlor auf diese Weise bestimmen, stets etwas zu wenig Chlor erhalten. Dieser Fehler ist aber, nach meinen Versuchen, so gering, daß es wohl unnöthig ist, auch noch diejenige Menge Chlor zu bestimmen, welche etwa in der Kohle zurückbleiben sollte.

Die fernere Trennung der Bestandtheile solcher Aschen ist ganz dieselbe, wie ich sie oben für die Bestimmung der feuerbeständigen Bestandtheile solcher organischer Substanzen, welche weder Kohlensäure noch organisch saure Salze feuerbeständiger Basen enthalten, ausführlich beschrieben habe.

VIII. *Ueber die Zusammensetzung des schwarzen Yttrotantals von Ytterby in Schweden;
von Heinrich Rose.*

Bei meinen früheren Untersuchungen über die Natur der metallischen Säuren, welche man für Tantalsäure hielt, hatte ich dieselbe in keinem andern Minerale angetroffen, als in den Tantaliten von Finnland. Der Columbit von Bodenmais in Baiern, von Nordamerika und vom Ilmengebirge, so wie der Samarskit (Uranotantal) von demselben Fundorte, enthalten entweder Mengungen von Niob- und Pelopsäure, oder Niobsäure allein, immer mit mehr oder weniger Wolframsäure verunreinigt, aber keine Tantalsäure.

Dieselbe Säure indessen, welche sich in den finnischen Tantaliten findet, ist auch in dem Yttrotantal von Ytterby in Schweden enthalten. Ich erhielt einige Stücke dieses Minerals, hinreichend, um die daraus dargestellte Säure hinsichtlich ihrer Eigenschaften zu untersuchen, aus dem Königlichen Mineralienkabinette. Später, als die Untersuchung damit schon beendigt war, erhielt ich eine sehr große Menge vom Yttrotantal durch die Güte der Hrn. Berzelius, Mosander und Svanberg aus Schweden.

Ich stellte aus dem Mineral die Säure dar, indem dasselbe durch Schmelzen mit zweifach-schwefelsaurem Kali zerlegt wurde. Nachdem durch Wasser die Säure aus der geschmolzenen Masse abgeschieden worden war, wurde dieselbe auf die bekannte Weise mit Schwefelammonium und darauf mit Chlorwasserstoffsäure behandelt.

Die gereinigte Säure, welche während des Glühens ihre weisse Farbe nicht veränderte, oder einen höchst geringen Stich in's Gelbliche erhielt, wurde durch Behandlung mit Kohle und Chlorgas in Chlorid verwandelt. Dasselbe hatte alle Eigenschaften des Tantalchlorids, wenn dasselbe aus den finnischen Tantaliten dargestellt wird. Wie bei diesem, so fand ich auch in dem aus dem Yttrotantal bereiteten Chloride eine wiewohl sehr geringe Spur von Wolframchlorid.

Es zeigte sich aber bei der Darstellung keine Spur von Niobchlorid. Auch vom Pelopchlorid konnte nichts entdeckt werden, obgleich dies, wie ich schon früher bemerkt habe, nicht mit Sicherheit im Tantalchlorid wahrgenommen werden kann. Aber wenn das Chlorid in der Atmosphäre von Chlorgas von einer Stelle zur andern getrieben wurde, so hinterliess es nicht, wie dies bei dem Pelopchlorid so häufig der Fall ist, nicht flüchtige Säure.

Was aber die völlige Uebereinstimmung des aus dem Yttrotantal dargestellten Chlorids mit dem Tantalchloride bewies, war nicht nur die Gleichheit beider in den chemischen Reactionen, sondern auch die Uebereinstimmung der aus den Chloriden dargestellten Säuren hinsichtlich des specifischen Gewichts. Dasselbe ist bei der Tantalsäure beträchtlich höher als bei der Pelopsäure, welche wiederum ein höheres specifisches Gewicht als die Niobsäure hat. Ich werde indessen erst in einer späteren Abhandlung hierauf zurückkommen, bemerke indessen hier nur, dafs ich das spec. Gewicht der Tantalsäure aus dem Yttrotantal mit grosser Genauigkeit deshalb bestimmte, weil Hermann dasselbe äufserst niedrig, 4,05, gefunden hat ¹⁾.

Auch das Verhalten der Säure aus dem Yttrotantal vor dem Löthrohr zeigt deutlich, dafs sie Tantalsäure und nicht Pelopsäure sey. Sie gab mit Phosphorsalz in der innern Flamme auf Kohle kein braunes, und nach dem Zusatze von Eisenvitriol kein blutrothes Glas.

Der Yttrotantal von Ytterby ist von dem Hauptmanne

1) Journ. für practische Chemie, Bd. 38, S. 101.

Hrn. von Peretz in meinem Laboratorium analysirt worden. Das Resultat der Analyse stimmt im Ganzen mit dem überein, das Berzelius schon vor länger als dreißig Jahren erhalten hatte.

Berzelius hat mehrere Varietäten des Minerals untersucht, einen schwarzen, gelben und dunkeln Yttrotantal; die Resultate zeigen so bedeutende Verschiedenheiten in der Zusammensetzung, daß man wohl berechtigt ist, anzunehmen, daß dieses nicht krystallisirt vorkommende Mineral in verschiedenen Stücken verschieden zusammengesetzt seyn müsse.

Berzelius fand das spec. Gewicht des schwarzen Yttrotantals 5,395, Ekeberg das des gelben 5,882. — Nach Hr. von Peretz hatte der von ihm untersuchte Yttrotantal, welcher zu dem schwarzen gehörte, das spec. Gewicht 5,67.

Durch das Glühen, wobei keine Feuererscheinung stattfindet, erleidet der Yttrotantal eine nicht unbeträchtliche Gewichtsverminderung. Berzelius erhielt beim Glühen des schwarzen Yttrotantals 5,74 Proc., beim Glühen des gelben 4,855 Proc., beim Glühen des dunkeln theils 2,72, theils 6,06 Proc. Verlust.

Hr. von Peretz fand beim Glühen verschiedener Stücken des Yttrotantals aus verschiedenen Stufen entnommen, 5,54; 4,86 und 3,9 Proc. Gewichtsverlust. Die schwarze Farbe des Minerals hatte sich dadurch in eine gelblichbraune verwandelt.

Das spec. Gewicht des geglühten Yttrotantals fand Hr. von Peretz bedeutend höher, als das des ungeglühten; es ist nach ihm 6,40.

Bei der Untersuchung schmolz Hr. von Peretz das geglühte Mineral mit zweifach-schwefelsaurem Kali. Die mit Wasser behandelte geschmolzene Masse hinterließ Tantalsäure, welche durch Schwefelammonium und darauf durch Chlorwasserstoffsäure von Wolframsäure und Eisenoxyd gereinigt wurde. Die von der Tantalsäure abfiltrirte Flüssigkeit gab mit Schwefelwasserstoff eine sehr geringe Fäl-

lung von Schwefelkupfer. Nachdem in ihr das Eisen wiederum höher oxydirt, wurde sie mit Ammoniak gefällt, und aus der getrennten Flüssigkeit Kalkerde und Talkerde ausgeschieden. Der durch Ammoniak entstandene Niederschlag wurde in Chlorwasserstoffsäure gelöst, und die Auflösung mit kohlensaurer Baryterde in der Kälte übersättigt. Die Fällung bestand aus Eisenoxyd und Uranoxyd, welche mit Vorsicht durch kohlensaures Ammoniak getrennt wurden. Die Yttererde wurde aus der getrennten Flüssigkeit abgeschieden.

Das Resultat der Analyse des geglühten Minerals war:

Tantalsäure	58,65
Wolframsäure	0,60
Kalkerde	7,55
Magnesia	1,40
Uranoxydul	3,94
Eisenoxydul	6,29
Yttererde	21,25
Kupferoxyd	0,40
	<hr/>
	100,08.

Es kommt bei Ytterby ein Orthit vor, der eine so außerordentliche Aehnlichkeit mit dem Yttrotantal hat, daß beide fast gar nicht im Aeufßern zu unterscheiden sind. Ich erhielt diesen Orthit von einem meiner Freunde aus Schweden statt Yttrotantal. Erst, nachdem derselbe durch saures schwefelsaures Kali zerlegt und statt Tantalsäure Kie- selsäure erhalten wurde, bemerkte ich den Irrthum.

**IX. *Physikalische Beobachtungen über die hauptsächlichsten Geisir Islands;
von Prof. R. Bunsen in Marburg.***

(Aus einem in Form eines Schreibens an J. J. Berzelius erschienenen Bericht von seiner im Sommer 1846 unternommenen wissenschaftlichen Reise durch Island.)

Eine der wunderbarsten Formen der Fumarolenwirkungen stellt sich in den Geisirn dar, die zu den merkwürdigsten Erscheinungen Islands gehören. Die erheblichste dieser Quellen ist der große Geisir am Fusse des Bjarnarfell, der durch die Pracht und Grösse seiner Eruptionen von jeher mit Recht die Bewunderung der Reisenden erregt hat. Ein mehr als zehntägiger Aufenthalt bei dieser Quelle gab mir Gelegenheit den Mechanismus derselben zum Gegenstande einer sorgfältigen Untersuchung zu machen. Ich bin dabei zu der Ueberzeugung gelangt, daß die bisher allgemein angenommene Geisirhypothese der Erfahrung durchaus widerspricht.

Der Geisirbezirk liegt am Rande der großen Gletscherwüste, welche das Hochplateau der Insel bildet, fast genau S. W. von der höchsten Spitze des Hekla, und ist von dieser in gerader Linie nur ungefähr fünf geographische Meilen entfernt. Die Höhe der Quellen über Reykjavik (Wohnung des Justizraths Thorsteinsson) beträgt nach zwei an verschiedenen Tagen angestellten barometrischen Messungen 112^m,8 und 107^m,2. Ihre Richtung ist ungefähr N. 17° O., und entspricht daher der herrschenden vulkanischen Hebungslinie. Das älteste Gebilde, welches die gesamte Umgegend zusammensetzt, ist ein Palagonittuff, der durch Trappeinpressungen gehoben, und von einem am nordwestlichen Rande der Quellen sich entlangziehenden Klingsteinrücken durchbrochen ist. Nur wenige Koch- und Dampfquellen dringen aus dem Klingstein selbst, und zwar noch in einer Höhe von ungefähr 55^m über dem Niveau des gro-

fsen Geisirs hervor. Der eigentliche Heerd der Quellen-thätigkeit dagegen findet sich gegenwärtig im Tuff am Fusse jenes Klingsteinrückens. Beide Gebirgsarten, Klingstein sowohl als Tuff, haben, so weit sie im Bereiche des Quellenbezirks liegen, jene Zersetzung erlitten, welche ich oben erwähnte. Unter dem Einflusse des erhitzten Wassers, welches den Boden nach allen Seiten durchdringt, sind sie nämlich von einem Theile ihrer Kieselerde und Alkalien befreit, und dadurch in mächtige Thonablagerungen verwandelt, welche die Basis der Geisirquellen bilden, und da, wo Schwefelwasserstoff in grösserer Menge hinzutritt, zu Erscheinungen Veranlassung geben, wie man sie bei den Schlammvulkanen von Krisuvig und Reykjahlid beobachtet. Auf diesen Thonbildungen ruht die Decke der Kieselincrustation, welche aus der Zersetzung der mit dem Wasser zu Tage geförderten löslichen Silicate hervorgegangen ist.

Leicht erkennt man in diesen Sinterabsätzen das Baumaterial, dessen sich die Natur bedient, um die schönen, wie durch Kunst geschaffenen Geisirapparate aufzuführen. Jede auf ebenem Boden aus tiefen Klüften von höherer Temperatur hervordringende Kochquelle enthält in den incrustirenden Eigenschaften ihres Wassers alle Bedingungen vereinigt, um sich im Laufe der Jahrhunderte entweder zu einer natürlichen Springquelle oder zu einem Geisir umzubilden. Wo das incrustirende Wasser sich über die Umgebungen solcher Quellen ergießt, wird der Boden fortwährend durch Kieselablagerungen erhöht, und, da der Verdunstungsproceß in weiteren Entfernungen durch allmälige Abkühlung des Wassers verlangsamt wird, ein kraterartiger Konus erzeugt, dessen oft bewundernswürdige Regelmässigkeit aus den durch den Kieselabsatz selbst bedingten Veränderungen des Wasserabflusses erklärlich ist.

Der im Centrum eines solchen Konus befindliche Quellschacht, dessen Wandungen durch das stets von unten erneuerte, der Verdunstung mithin unzugänglichere Wasser vor einem weiteren Kieselansatz geschützt bleibt, baut sich zu einer oft nicht minder regelmässig geformten Röhre auf,

auf, an deren oberer Mündung sich nicht selten durch das Zusammentreffen leicht nachweisbarer Umstände ein flaches Becken bildet.

Ist eine solche Röhre, je nachdem es das ursprüngliche Verhalten der Quelle mit sich brachte, verhältnißmässig eng, und wird sie von einer nicht zu langsam hervordringenden, durch vulkanische Bodenwärme von unten sehr stark erhitzten Wassersäule erfüllt, so muß eine continuirliche Springquelle entstehen, wie man deren an vielen Orten in Island beobachtet. Denn man begreift leicht, daß eine Quelle, welche ursprünglich an ihrer Mündung keine höhere als die dem Atmosphärendruck entsprechende Temperatur besitzen konnte, sehr wohl, nachdem sie sich durch allmälige Incrustation mit einem Röhrenaufsatz versehen, unter dem Drucke der in dieser Röhre ruhenden Flüssigkeit nun am Boden derselben eine über 100° C. steigende Temperatur erreichen kann. Die am Boden des natürlichen Quellenschachts über 100° erhitze aufsteigende, stets von unten her erneuerte Wassermasse einer solchen Quelle muß, sobald sie die Mündung der Röhre durchströmt, eine dem verminderten Drucke entsprechende Temperaturerniedrigung bis auf 100° C. erleiden, wobei der ganze Wärmeüberschuß über 400° zur Dampfbildung verwandt wird. Das Wasser dringt dann durch die Expansivkraft dieser entwickelten Dämpfe gehoben mit demselben zu einem weissen Schaum vermischt in einem continuirlichen Strahle unter Brausen und Zischen aus der Quellenmündung hervor. Ist dagegen die durch den Incrustationsproceß gebildete Geisirröhre hinlänglich weit, um von der Oberfläche aus eine erhebliche Abkühlung des Wassers zu gestatten, und tritt der weit über 100° erhitze Quellenstrang nur langsam in den Boden der weiten Röhre ein, so finden sich in diesen einfachen Umständen alle Erfordernisse vereinigt, um die Quelle zu einem Geisir zu machen, der periodisch durch plötzlich entwickelte Dampfkraft zum Ausbruch kommt, und unmittelbar darauf wieder zu einer längeren Ruhe zurückkehrt. Der grofse Geisir erscheint als die bedeutendste unter diesen

Quellen, welche man als gleichsam natürliche Collectoren der Dampfkraft betrachten kann. Seine Röhre ist, wie eine genaue Aufnahme ergab, cylindrisch mit geneigtem Boden.

Unmittelbar nach erfolgter Eruption steigt das 1^m bis 2^m tief in der Röhre stehende Wasser allmählig während einiger Stunden bis an den Rand des Beckens, wo es ruhig in der Gestalt einer kleinen Cascade über den Konus abfließt.

Es läßt sich zunächst leicht durch Versuche nachweisen, daß die die Röhre erfüllende Flüssigkeitssäule fortwährend von unten durch eindringendes Wasser von hoher Temperatur erhitzt wird, während es von oben an dem großen Wasserspiegel des Beckens eine stete Abkühlung erleidet. Diese letztere vermittelt sich in der Röhre selbst durch einen im oberen Theile derselben auf- und absteigenden Strom, der im Centrum der Röhre als erhitzte Wassersäule empordringt, sich an der Oberfläche des Beckens gegen den Rand desselben hin verbreitet, und nach der Abkühlung am Boden des Bassins in die Röhre zurückfließt. Um diesen Strom nachzuweisen, reicht es hin, in den Mittelpunkt des Geisirbeckens einige Papierblättchen zu werfen, die sogleich auf der Oberfläche an den Rand getrieben und von da wieder am Boden der Röhre zugeführt werden.

Die Temperaturveränderungen, welche die jenem abkühlenden und erheizenden Einflüsse unterworfenen Wassersäule in ihren verschiedenen Schichten während eines Intervalls zweier Eruptionen erleidet, haben den Gegenstand einer Reihe thermometrographischer Messungen ausgemacht, die Hr. Des Cloizeaux und ich am Geisir gemeinschaftlich ausgeführt haben. Das nachstehende Schema enthält einen Theil der von uns erhaltenen Resultate in übersichtlicher Zusammenstellung:

6. Juli 8 ^h 20' p. m.		7. Juli 2 ^h 55' p. m.		7. Juli 7 ^h 58' p. m.	
Höhe üb. d. Boden.	Temperatur.	Höhe üb. d. Boden.	Temperatur.	Höhe üb. d. Boden.	Temperatur.
0	123°,6 C.	0	127°,5 C.	0	126°,5 C.
4 ^m ,8	122,7	5 ^m	123,0	-	-
9,6	113,0	9	120,4	9,85	121,8
14,4	85,8	14,75	106,4	14,75	110,0
19,2	82,6	19,55	85,2	19,55	84,7

Es ergibt sich daraus:

- 1) dafs die Temperatur der Geisircolonne, wie schon Lot-
tin und Robert beobachteten, von unten nach oben
abnimmt;
- 2) dafs, kleine Störungen abgerechnet, die Temperatur an
allen Punkten der Säule mit der nach der letzten Eruption
verflossenen Zeit in stetem Steigen begriffen ist;
- 3) dafs dieselbe an keinem Punkte selbst bis einige Minu-
ten vor der grofsen Eruption in der ruhenden Wasser-
säule den Kochpunkt erreicht, der dem Atmosphären-
und Wasserdruck am Orte der Beobachtung entspricht;
- 4) dafs die Temperatur in der mittleren Höhe des Geisir-
rohrs dem daselbst der drückenden Wassersäule ent-
sprechenden Kochpunkte am nächsten liegt, und um so
näher rückt, je mehr der Zeitpunkt einer grofsen Eruption
herannaht.

Fafst man zunächst die Periode in's Auge, welche der
Eruption unmittelbar vorangeht, so ergibt sich, dafs nur
ein sehr geringer Anstofs nöthig ist, um einen grofsen Theil
der Wassersäule plötzlich zum Kochen, und, wie sich so-
gleich ergeben wird, in Eruption zu versetzen. Jede Ur-
sache nämlich, welche diese Wassercolonne nur um einige
Meter emporhebt, mufs diese Wirkung zur Folge haben.
Denkt man sich z. B. eine solche Hebung um 2^m, so wird
die über einem Punkte *a* drückende Flüssigkeitssäule um
eine Höhe *ab* verkürzt. Die Temperatur *a* der nun unter
einem um *ab* geringeren Druck befindlichen Wasserschicht
liegt jetzt um ungefähr 1° über dem entsprechenden Koch-
punkt des Wassers. Dieser Ueberschufs von 1° wird da-
her sogleich zur Dampfbildung verwendet, und erzeugt im

vorliegenden Fall, wie eine leichte Rechnung zeigt, aus einer 1^m hohen Wasserschicht eine ungefähr gleich hohe Dampfschicht, um deren Höhe die sämtlichen Druckkräfte abermals verringert werden. Durch diese Druckverminderung wird ein neuer, namentlich auch tiefer liegender Theil der Wassersäule über den Kochpunkt versetzt; es erfolgt eine neue Dampfbildung, die abermals eine Verkürzung der drückenden Flüssigkeitsschichten zur Folge hat, und so in ähnlicher Weise fort, bis das Kochen von der Mitte des Geisirrohrs bis nahe an den Boden desselben fortgeschritten ist, vorausgesetzt dafs nicht andere Umstände diesem Spiele schon früher ein Ziel setzen.

Ist es aus diesen Beobachtungen einleuchtend, dafs die Wassersäule im Geisirrohr vom Mittelpunkte aus auf eine gewisse Erstreckung hin plötzlich in's Kochen gerathend, durch den dabei gebildeten Dampf gehoben, successiv unter den Druck einer Atmosphäre gelangt, so läfst sich andererseits durch eine einfache Rechnung nachweisen, dafs die bei diesem plötzlich eintretenden Verdampfungsprocefs entwickelte mechanische Kraft mehr als hinreichend erscheint, um die ungeheuere Wassermasse des Geisirs bis zu der erstaunenswerthen Höhe emporzuschleudern, welche diesen schönen Eruptionsphänomenen einen so grofsartigen Charakter verleiht. Es läfst sich nämlich die Gröfse dieser Kraft leicht ermessen, wenn man aus den oben mitgetheilten Versuchen mit Hülfe der latenten Wärme und des specifischen Gewichts des Wasserdampfs die Dampfmenge berechnet, welche beim Aufsteigen eines Abschnitts der Wassersäule bis zur Mündung des Geisirrohrs in Freiheit tritt. Aus einer solchen Berechnung ergiebt sich z. B. mit Hülfe

der leicht verständlichen Formel $H = h \left(\frac{t - 100}{w} \right) \frac{1,366}{s}$, worin

die Höhe der von ihrer mittleren Temperatur t auf 100° C. durch Verdampfung abgekühlten Wassersäule, w die latente Wärme des Wasserdampfs, und s das specifische Gewicht desselben bedeutet, — dafs in der, einer Eruption unmittelbar vorangehenden Zeit eine nur 12^m lange Wassersäule,

welche sich in einer Höhe von 5^m über dem Boden der Röhre bis zu 17^m über demselben erstreckt, eine 636^m,8 hohe Dampfsäule (zu 100° und einem Atmosphärendruck angenommen) vom Querschnitt des Geisirrohrs erzeugt, die sich als continuirlich wirkende Triebkraft aus der emporgepressten Wassermasse entwickelt hat, wenn deren unterer Theil an die Geisirmündung gelangt ist. Die ganze Geisircolonne von dem Punkte an gerechnet, wo ihre Temperatur 100° C. beträgt, bis zum Boden würde nach einer ähnlichen Rechnung eine solche Dampfsäule von 1041^m Höhe erzeugen. Dafs diese ungeheuere Kraft sich nicht in einem einzigen Eruptionsstrahl erschöpfen kann, ist leicht begreiflich, denn die in der Luft abgekühlten Wasserstrahlen des Ausbruchs stürzen fortwährend in das Geisirrohr zurück, und unterbrechen die Kraft der empordringenden Dampfsäule auf Augenblicke dadurch, dafs der Dampf in dem abgekühlten zurückstürzenden Wasser so lange condensirt wird, bis die Temperatur des letzteren wieder auf den Kochpunkt gestiegen ist, und es dadurch von Neuem die Fähigkeit erlangt, emporgeschleudert zu werden. Dafs die Discontinuität der gleichsam in successiven Schüssen aus dem Rohr hervorbrechenden Wassergarben in der That diesem Umstande beizumessen ist, davon kann man sich leicht durch die Wahrnehmung überzeugen, dafs zwischen den einzelnen emporsteigenden Strahlen das Wasser aus dem Bassin in die Röhre zurückströmt, und selbst auf Augenblicke mit Gewalt von derselben eingesogen wird. Diese Erscheinung erklärt zugleich die oft auf einen Zeitraum von mehr als 4 Minuten verlängerte Dauer der grofsen Eruptionen.

Es bleibt nur noch zu erklären übrig, durch welche Ursache die Wassercolonne jene Hebung erleidet, die den ersten Anstofs zur Eruption giebt. Ein grofser Theil der Isländischen Thermen zeigt die leicht erklärliche Eigenthümlichkeit, dafs sich periodisch an gewissen Stellen in dem Wasser des Quellenbassins eine Anzahl grofser Dampfblasen bildet, die bei dem Aufsteigen in eine obere kältere Schicht plötzlich wieder condensirt werden. Es entsteht da-

durch stets eine kleine Detonation, die von einer halbkugelförmigen Hebung und gleich darauf wieder erfolgenden Senkung der Wasseroberfläche begleitet ist. Auch der große Geisir ist durch eine periodische Folge solcher Dampfdetonationen charakterisirt, die erst 4 bis 5 Stunden nach einer großen Eruption ihren Anfang nehmen, und sich dann in Zwischenzeiten von 1 bis 2 Stunden bis zum nächsten Ausbruch, dem sie stets in rascher Folge und großer Heftigkeit unmittelbar vorangehen, wiederholen. Die Erklärung der Periodicität dieser Detonationen bietet keine Schwierigkeiten dar. Sie ist leicht aus dem Umstande erklärlich, daß wenn in den Zuführungskanälen des Geisirrohrs eine Wasserschicht unter dem andauernden Einflusse der vulkanischen Bodenwärme in's Kochen geräth, und der gebildete Dampf bei dem Aufsteigen in die höheren kälteren Wassermassen wieder condensirt wird, die Temperatur dieser kochenden Schicht durch die in ihr stattgehabte Dampfbildung so weit erniedrigt wird, daß sie nach der Condensation der im Wasser aufsteigenden Dämpfe wieder dem ursprünglichen höheren Drucke ausgesetzt, eine längere Zeit nöthig hat, um von Neuem bis zum Siedpunkt erhitzt zu werden. Die durch diesen Umstand bewirkte periodische Hebung der Wassersäule im Geisir pflegt, der durchschnittlichen Wassermasse nach zu urtheilen, welche dabei aus der Mündung der Röhre in Gestalt eines konischen Wasserberges hervordringt, selten mehr als 1 bis 2 Meter zu betragen.

Eine solche Hebung ist aber nicht eher im Stande irgend eine Wasserschicht in eine Höhe zu versetzen, wo sie in Folge der daselbst stattfindenden Druckverminderung in's Kochen gerathen könnte, bis die Wassermasse durch allmälige Erhitzung die etwas höhere Temperatur angenommen hat, welche einige Minuten vor der wirklich eintretenden Eruption in der That beobachtet wurde. Alle übrigen dieser Periode vorangehenden Hebungen dagegen werden nur im Stande seyn, die unteren erhitzten Wassermassen durch Stofs in den oberen Theil der Gei-

sirröhre theilweise emporzutreiben, wo diese Massen unter dem verminderten Drucke in's Kochen gerathen, und die kleinen, mit geringen Eruptionen verbundenen Aufkochungen bewirken, die man zwischen den größeren Ausbrüchen beobachtet. Diese kleinen Eruptionen sind daher gleichsam mislungene Anfänge der großen, die sich von dem Ausgangspunkte der Dampfbildung, wegen der noch zu niedrigen Temperatur der Wassersäule, nur auf kurze Erstreckungen hin fortpflanzen können.

Hält man die eben entwickelte, auf sorgfältige Beobachtungen gestützte Theorie mit der alten Geisirhypothese zusammen, so begreift man um so weniger, wie sich die letztere so lange hat in der Wissenschaft erhalten können, als sich die Widersprüche nicht verkennen lassen, in denen sie mit Thatsachen steht, die man bei jeder Eruption zu beobachten Gelegenheit hat. Die jener Hypothese entsprechende Vorstellung von unterirdischen Dampfkesseln, welche abwechselnd bald mit Dampf, bald mit Wasser erfüllt seyn sollen, ist nämlich ganz unverträglich mit der einfachen Beobachtung, daß die bei den Eruptionen über den Rand des Bassins geschleuderten Wassermassen vollkommen der unmittelbar darauf eintretenden Niveauerniedrigung des Wassers entsprechen, und daher das von jener Hypothese nothwendig geforderte Zurücktreten des Wassers in den supponirten unterirdischen Dampfkessel in der Wirklichkeit gar nicht stattfindet. Es könnte daher überflüssig erscheinen noch einer anderen Beobachtung zu erwähnen, welche die völlige Unhaltbarkeit der bisherigen Ansicht darthut, wenn nicht daraus zugleich, ganz in Uebereinstimmung mit der eben entwickelten Theorie, gefolgert werden könnte, daß der untere Theil des Geisirs oft gar nicht an der stürmischen Bewegung Theil nimmt, welche sich während der großen Eruption im oberen Theile desselben kund giebt. Es ist mir nämlich geglückt, während eines Ausbruchs, der eine Höhe von 43,3 Meter erreichte, einen Thermographen unversehrt am Boden der Geisirröhre zu erhalten, und daran eben so wie dicht vor dem Ausbruch eine um

mehr als 9° C. niedrigere Temperatur zu beobachten, als dem Kochpunkte an dieser Stelle entsprechen würde — eine Beobachtung, die eine Ungereimtheit in sich schließt, wenn man im Sinne der alten Hypothese annehmen wollte, daß das an einer tieferen Stelle *kochende* Wasser, von unten in das Geisirrohr gepreßt, die Eruption bewirke.

Der *Strokkur*, nächst dem Geisir die größte Eruptionsquelle in Island, liegt bekanntlich nur einige 100 Schritte von diesem entfernt. Der Bau desselben bietet Eigenthümlichkeiten dar, die auf seinen Mechanismus von besonderem Einfluß sind. Aus den von Hrn. Des Cloizeaux und mir angestellten Sondirungen hat sich ergeben, daß das Rohr nur 13^m,55 tief ist, und nicht wie bei dem Geisir cylindrisch, sondern in der Art trichterförmig, daß sein Durchmesser an der Mündung 2^m,4, in einer Tiefe von 8^m,3 aber nur noch 0^m,26 beträgt. Das Wasser, dessen Niveau 3^m bis 4^m,5 unter der Mündung steht, hat keinen Abfluß, und wird nur durch die Eruptionen entleert. Da die gesammte, einer Sondirung zugängliche Wassersäule fortwährend in heftigem Sieden begriffen ist, so müssen die verschiedenen Temperaturen derselben constant bleiben, und dem in den einzelnen Schichten stattfindenden Drucke entsprechen. Bei den nachstehenden Messungen, welche Hr. Des Cloizeaux und ich unter Beobachtung aller Vorsichtsmaßregeln angestellt haben, ist daher auch auf die Zeit nicht Rücksicht genommen, welche seit der letzten Eruption verflossen war.

Höhe vom Boden.	Temperatur.	Wasserdruck.
0	115°,0 C.	Eruption
0 ^m ,35	113 ,9	15 ^m ,6
2 ,95	114 ,2	15 ,1
4 ,65	113 ,7	15 ,6
6 ,20	109 ,3	13 ,6
8 ,8	99 ,0	10 ,2

Aus diesen Versuchen ergibt sich zunächst:

- 1) daß in dem oberen weiten Theile des Strokkirrohrs der Siedpunkt der Wasserschichten, ganz wie es die Theo-

rie fordert, dem auf denselben lastenden Drucke entspricht;

- 2) dafs in dem unteren engeren Theile des Rohrs die Temperatur vom Boden bis zu 4^m,6 Höhe mit kleinen Veränderungen sich gleich bleibt;
- 3) dafs die dort auf eine Erstreckung von 4^m,6 sich gleichbleibende, im Mittel ungefähr 114° C. betragende Temperatur dem Siedpunkte einer unter einem Druck von 16^m,5 Wasserhöhe befindlichen Wassermasse entspricht;
- 4) dafs wenn man sich, wie es bei der vorstehenden Zahlenreihe geschehen ist, den unteren engen Kanal bis zu 4^m,65 mit zuströmendem Dampf erfüllt denkt, der auf diesem Dampf lastende Wasserdruck in der That nahe an 16^m,5 (ungefähr 15^m,5) beträgt;
- 5) dafs während einer Eruption von 48^m,7 Höhe die Temperatur am Boden des engen Kanals bis auf 115° C. stieg.

Man kann daher nicht daran zweifeln, dafs der untere enge Theil des Strokktrichters von einem empordringenden Dampfstrahl erfüllt ist, der die in verschiedenen Höhen sich gleichbleibende Temperatur an dieser Stelle bedingt, während das im oberen Trichter von diesem Dampfstrahle getragene Wasser durch denselben fortwährend im Kochen erhalten wird. Die Kraft aber, welche die periodischen grofsen Eruptionen bedingt, mufs in gröfseren, für directe Versuche unzugänglichen Tiefen ihren Sitz haben. Es läfst sich dies schon aus dem Umstande folgern, dafs, wenn man den Dampfkanal durch Erde, Steine und Rasen verstopft, nach 20 bis 30 Minuten eine grofse Eruption erfolgt, welche die Verstopfung des Kanals fortschleudert, und nachdem sie zuerst das schlammige Wasser des Trichters ausgeworfen, krystallhelle Wasserstrahlen oft an 57 Meter hoch emportreibt. Dafs diese demnach unterhalb des allein noch den Messungen zugänglichen Dampfkanals hervorbrechenden Eruptionen durch eine dem Geisirapparat ganz ähnliche Vorrichtung periodisch in Thätigkeit gesetzt werden können, leuchtet von selbst ein, wenn man erwägt,

dafs die Bedingungen der an dem oberen Theile dieses unterirdischen Apparates nöthigen Abkühlung des Wassers durch den dort stattfindenden Verdampfungsprocefs selbst gegeben sind. Allein auf den Mechanismus eines solchen Apparates näher einzugehen, halte ich um so mehr für überflüssig, als eine solche Betrachtung auf Annahmen führen würde, die sich nicht — wie bei dem grofsen Geisir — durch directe Messungen beweisen lassen.

X. *Meteoreisen-Fall bei Braunau in Böhmen am 14. Juli d. J.*

(Mittheilung von Hrn. Apotheker Beinert zu Charlottenbrunn in Schlesien.)

Am 14. Juli des Morgens um 3 $\frac{3}{4}$ Uhr, als der östliche Horizont in schöner reiner Morgenröthe erglühte und unbewölkt war, den westlichen dagegen tief unten eine dunkle Wolkenwand verhüllte, wurden die Bewohner der Stadt und Umgegend von Braunau in Böhmen durch zwei auf einander folgende heftige Explosionen von Kanonenschußstärke, und zwar in dem Zeitraum, der zum Abfeuern einer Doppelflinte nöthig ist, aus dem Schlafe geweckt und in Schrecken gesetzt. Es war durch das ganze Braunauer Ländchen, vom Hutberg aus bis Wünschelburg und Alben-
dorf in der Grafschaft Glatz, also längs des Quadersandsteinzuges, der an der Heuscheuer endigt, ein heftiges, mehrere Minuten andauerndes Sausen und Brausen hörbar. Die Menschen eilten an die Fenster und in's Freie, so auch der wissenschaftlich gebildete K. K. Oberförster Hr. Pollack in Braunau, dem ich die folgenden Nachrichten zu verdanken habe. Derselbe erzählte mir, als ich ihn am 16. d. M. Nachmittags um 4 Uhr besuchte, wörtlich, wie folgt:

„Es bildete sich bei sonst ziemlich wolkenfreiem Himmel, an dem noch einige Sterne glänzten, über dem von Braunau aus nordöstlich gelegenen Dorfe Hauptmannsdorf eine kleine schwarze Wolke, die sich während ihres Hin-

und Hertreibens zu einem horizontalen, ungefähr klafterlangen Streifen geformt hatte. Diese Wolke sah man mit einem Male in feuriges Erglügen versetzt und nach allen Richtungen Blitze zucken, gleichzeitig zwei Feuerstreifen scheinbar aus ihr nach der Erde niederfahren, worauf die beschriebenen Kanonenschläge erfolgten. Gleich darauf sah man an dem Punkte der feurigen Wolke eine aschgrane Wolke von rosettenartigem Umriss längere Zeit stehen, die, nach Nordost und Südwest sich theilend, in Streifen auslief und endlich verschwand, wobei deutlich wahrzunehmen war, in wie großer Bewegung sich die Luft in jenem Punkte befand. Auf Grund dieser Erscheinung machte Hr. Pollack sofort den sehr richtigen Schluss auf einen Meteorsteinfall, während die meisten anderen Menschen der Meinung waren, es müsse der Blitz an mehreren Orten eingeschlagen haben.*

Hierauf verbreitete sich auch alsbald die Nachricht, daß dies der Fall in Hauptmannsdorf sey, wo der Blitz in die Böschung eines Ackerraines, 100 Schritt vom Dorfe entfernt, eingeschlagen habe. Diese Nachricht fand man in sofern bestätigt, als auf diesem, 1200 Schritt nordöstlich von der Stadt Braunau entfernten, Punkte ein 3 Fufs tiefes Loch in der Erde vorgefunden wurde, ¹⁾ worin sich eine glühende Masse befand, die um 10 Uhr des Vormittags, also sechs Stunden nach ihrem Fallen, noch so heiß war, daß keine menschliche Hand sie anzufassen vermochte, ohne sich zu verbrennen. Diese Meteormasse, deren Gewicht 42 Pfund 6 Loth österreichisches Gewicht beträgt, wurde an das K. K. Oberamt in Braunau abgeliefert, von dem aus sie an das K. K. Museum in Wien befördert werden wird. Die äußere Form dieser Masse beschreibt ein unregelmäßiges verschobenes Viereck, dessen Flächen über und über mit Concavitäten bedeckt sind, deren Einfassung ziemlich deutlich

1) Der Mann aus Hauptmannsdorf, vor dessen Augen die Meteormasse niederfiel, heißt Joseph Tepper, und ist derselbe von der Oberamtsverwaltung in Braunau protocollarisch vernommen, und seine Aussagen actenmäßig niedergelegt worden.

sechseckige, mehr oder weniger in's Längliche gezogene, Zellen bilden. Die ganze Masse ist äußerlich eisengrau angelassen und nur in den tieferen Punkten einige dieser Zellen mit einem gelbbraunen Ueberzuge, auf welchem kleine glimmerartig metallischglänzende Blättchen sitzen, bedeckt. Auf dem Bruche zeigt die Masse ein deutlich krystallinisch-blättriges Gefüge von einem Metallglanz, der zwischen Blei und Zink mitten inne zu stellen ist. Das specifische Gewicht dieses Meteoreisens beträgt $=7,7142$. Es besitzt eine Härte, der die besten Stahlmeißel weichen müssen, erglüht im Schmiedefeuer sehr rasch und läßt sich unterm Hammer leicht strecken, auch mit der Stahlfeile bearbeiten, wobei es sich rasch und stark erhitzt.

Nächst dem Vorfall in Hauptmannsdorf verbreitete sich die Nachricht, der Blitz habe in das eine Viertelstunde von der Stadt gelegene Domicialhaus in dem sogenannten Ziegelschlage, welches von einem armen Familienvater, Namens Pohl bewohnt wird, ohne zu zünden, eingeschlagen. ¹⁾ In Folge dessen verfügte sich der Hr. Oberförster Pollack an Ort und Stelle, und fand in dem Schindeldache des Hauses ein kopfgroßes Loch, außerdem eine Latte, einen Sparren, den Lehmestrich, nebst dem darin liegenden Holzthrom diagonal durchgeschlagen und in der südöstlichen Bindewand der Kammer eine Zertrümmerung, worunter das Meteor mit vielem Fleiß gesucht, jedoch erst am 15. d. M. von Hrn. Pollack gefunden und ebenfalls an die oben benannte Behörde abgeliefert wurde. Es besitzt dasselbe ein Gewicht von 30 Pfund 16 Loth, und ist bloß in der äußeren Form, die mit einer colossalen Austerschale einige Aehnlichkeit hat, von dem in Hauptmannsdorf niedergefallenen Stücke verschieden. Die sechseckigen Concavitäten sind bei diesem Stück weit deutlicher, tiefer und mit mehr röthlichbraunem Oxyd belegt. Das beim Durchschlagen des Estrichs eingeschmolzene unverbrannte Stroh giebt demselben, in der Ferne gesehen, einen Goldglanz.

1) Zeitungsnachrichten zufolge fiel die Masse in das Schlafzimmer der Kinder, ohne diese indess zu beschädigen. P.

Zusatz des Herausgebers. — Das in vorstehenden Zeilen beschriebene Ereigniß verdient die Aufmerksamkeit in besonderem Grade, da die herabstürzende Masse nicht zur Klasse der eigentlichen Meteorsteine, sondern zu der viel seltneren der gediegenen Eisenmassen gehört, deren Niederfallen bisher nur erst ein einziges Mal, am 26. Mai 1751 zu Hradschina im Agramer Comitatz, wirklich beobachtet worden ist. Dieser Merkwürdigkeit wegen wandte ich mich zur Erlangung sicherer Nachrichten an Hrn. Beinert, dessen Eifer um Auffindung der unerwarteten Ankömmlinge bereits die Zeitungen rühmlichst gedacht hatten. Hr. B. hat die Güte gehabt, dem obigen Berichte ein Paar Zeichnungen beizulegen, welche ich, da sie ein sehr anschauliches Bild von der Gestalt und äusseren Beschaffenheit der Masse gewähren, auf Taf. IV dieses Hefts in Steindruck habe wiedergeben lassen. Diese Zeichnungen sind von Hrn. Studiosus von Heyden aus Breslau angefertigt; sie stellen ihren Gegenstand natürlich im verjüngten Maassstab dar, No. 1 das zu Hauptmannsdorf gefallene Stück von 42 Pfund 6 Loth, und No. 2 das zu Ziegelschlag von 30 Pfund 16 Loth.

Hr. B. fügt brieflich noch hinzu, daß das eine Stück an das K. K. Museum zu Wien, und das andere an das Kloster zu Braunau abgeliefert werden würde, und daß er meinen Wunsch, um Einsendung einer zur Analyse hinlänglichen Menge, leider nicht erfüllen könne, da er selbst nur eine geringe Quantität erhalten habe. Eine kleine Probe davon ist indess nach Breslau gegangen, und sowohl dort durch Hrn. Duflos, als durch Hrn. Johl, Gehülfen des Hrn. Beinert zu Charlottenbrunn, der Nickelgehalt der Eisenmassen sicher dargethan. Eine andere Probe ist Hrn. Prof. Magnus zugegangen, und von diesem kürzlich in der K. Academie vorgezeigt worden.

XI. *Kohlenbildung auf nassem Wege;* *von R. Göppert.*

(Aus einem vom Hrn. Verf. übersandten Berichte der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur, Sitzung vom 16. Juni 1847.)

Bereits im vorigen Jahre theilte ich der Gesellschaft einige Nachrichten mit über den mit glücklichem Erfolge gemachten Versuch, *Kohle auf nassem Wege* zu erzeugen, indem die zu diesem Versuche bestimmten Vegetabilien längere Zeit hindurch unter Zutritt der Luft in Wasser gelegt wurden, dessen Temperatur am Tage 80° R. und des Nachts etwa 50° bis 60° R. betrug. Auf diese Weise wurde von manchen Pflanzen schon nach einem Jahre, bei andern erst in zwei Jahren ein Product erzielt, welches in seiner äusseren Beschaffenheit von *Braunkohle* nicht mehr zu unterscheiden war, wiewohl ich eine der Beschaffenheit der Steinkohle ähnliche Bildung oder Kohle von schwarzer glänzender Beschaffenheit selbst nach 2½ Jahre durch dieses Verfahren nicht erreichte. Dieses gelang erst durch einen Zusatz von einer sehr kleinen Quantität von schwefelsaurem Eisen, etwa $\frac{1}{56}$ Proc., indem ich von der Ueberzeugung ausging, dass das in den Steinkohlen so häufige Schwefeleisen unstreitig aus den Pflanzen, welche zu ihrer Bildung beitrugen, stamme. Nun bin ich zwar weit davon entfernt, zu glauben, dass die Pflanzen der Vorwelt, ehe sie in die Schichten gehüllt wurden, oder in diesem letzteren Zustande selbst sich in einer Flüssigkeit von so hoher Temperatur befunden haben sollten, sondern meine nur, dass die von mir gewählte Verfahrensart, welche ich auch den Chemikern für Analysen, namentlich zur Erreichung geognostischer und geologischer Zwecke, empfehle, dazu diene, den Kohlenbildungsprocess zu beschleunigen, und insbesondere die Zeit zu ersetzen, die wir bei unserem vergänglichen Daseyn in den Laboratorien nicht substituiren können. Neue, zu den früheren schon von mir seit mehr als zehn Jahren fortdauernd gelieferte, Beweise für die *Bildung der Braun- oder Steinkohle auf nassem Wege* gehen hieraus hervor, wie ich denn glaube, auf sehr ungezwungene Weise hieraus schliessen zu dürfen, dass es zur einstigen Bildung unserer Kohlenlagen nicht eines so *unendlich langen Zeitraumes* bedurfte, als die Geologen gewöhnlich anzunehmen geneigt sind. Auch dient die obige Me-

thode dazu, die Bildung der fossilen Harze recht anschaulich zu machen. Venetianischer, auf diese Weise mit Zweigen von *Pinus larix* oder dem Lerchenbaume digerirter Terpenthin **hatte**, unter gleichzeitig erfolgter Veränderung seines **specifischen** Geruches, nach einem Jahre schon fast die Fähigkeit verloren, sich in Weingeist aufzulösen, näherte sich also in dieser Beziehung dem Bernstein, der bekanntlich von Weingeist fast gar nicht aufgenommen wird. Man wird es wohl nicht ganz unwahrscheinlich finden, daß es gelingen dürfte, mehrere solche in das Pflanzenreich, nicht in das Mineralreich gehörende Harze, wie Retinasphalt, Bernstein u. dergl. einst *künstlich darzustellen*.

Bei Gelegenheit der Vorzeigung zweier, in einer in dem unteren Tertiärsande von der Hardt bei Kreuznach gefundenen Schwerspathkugeln enthaltenen Pinuszapfen, der ersten in diesem im Wasser absolut unlöslichem Mineral entdeckten vegetabilischen Reste, suchte der Verfasser aus der Beschaffenheit der Vegetation zu beweisen, daß die Catastrophe, welche die Fossilisation mehrerer Braunkohlenlagen einleitete, sich im Frühjahr oder Frühsommer ereignet haben dürfte. Hr. Berghauptmann v. Dechen hatte die Güte, dieses interessante Fossil zur Untersuchung mitzutheilen.

XII. *Bemerkung zu dem Aufsatz: „Die Berechnung des specifischen Gewichts von Gemengen“.*

In diesen Annalen, 1847, Heft V, S. 129, findet sich eine Correction einiger von mir in einer Notiz (Wöhler und Liebig's Annalen, Februarheft 1847) mitgetheilten Dichtigkeitsbestimmungen. Ohne das Verdienst des anonymen Verfassers schmälern zu wollen, finde ich mich zu der Bemerkung veranlaßt, daß *ich dieselbe Berichtigung*, und vielleicht in noch einfacherer Form (es ist die elementare Archimedes-Gleichung), *fast unmittelbar nach Absendung jener Notiz*, d. h. *schon vor mehreren Monaten*, an die hochgeachtete, mir befreundete Redaction jenes Journals gesandt, um den Flüchtigkeitsfehler wo möglich noch vor dem Druck erwähnter Notiz zu verbessern, und daß nur ein zufälliger Umstand bisher die Publication derselben verhindert haben kann. Zerstreutheit kann bei übereilter Redaction *kleinerer* Notizen den Physiker gerade bei der *elementarsten* Rech-

nung am leichtesten zum Uebersehen von Fehlern veranlassen, die er bei *größeren* Untersuchungsreihen und *höherem* Calcül, selbst jeder *einfacheren Differentialgleichung* sicher auf der Stelle wahrnimmt. Kein unbefangener Beurtheiler wird ihm deshalb die größte Unkenntniß des mathematischen *A B C* zumuthen. Ich hoffe, der geehrte Verfasser wird bei näherer Kenntniß meiner übrigen Untersuchungen, so geringfügig sie im Verhältniß zum Ganzen der Wissenschaft auch seyn mögen, die Ueberzeugung gewinnen, daß es weder für mich, noch für die übrigen Leser dieser Zeitschrift einer dogmatischen Demonstration bedurft hätte, der sich sein eigener feiner Tact schon *a priori* widersetzte (*l. c. p. 129*).

Dorpat, im Juli 1847.

C. Schmidt, Dr.

XIII. *Merkwürdiger Blitzschlag.*

Am 18. Juni d. J. Abends 9 bis 11 $\frac{1}{2}$ Uhr entlud sich ein sehr heftiges Gewitter, verbunden mit wolkenbruchähnlichen Regengüssen, über der Stadt Bernstadt und deren Umgegend. Ein Blitzstrahl traf, ohne zu zünden, den Kirchturm des $\frac{3}{4}$ Meilen entfernten Dorfes Sadewitz; ein anderer eine Weide bei dem 1 Meile entlegenen Dorfe Wabnitz. Zwei kurz auf einander folgende Schläge trafen die Namlauer Vorstadt, auch ohne zu zünden, wovon der eine in dem mit dem Wohnhause verbundenen Stalle eines Fuhrmanns zwei Pferde tödtete, der andere, von einem merkwürdigen Phänomen begleitet, gleichfalls im Hofe eines Fuhrmanns, unmittelbar am Brunnen in die Erde fuhr. Gleich nach dem Schlage brauste plötzlich das Wasser in dem ziemlich tiefen Brunnen auf, wallte und zischte wie beim Kochen, und überschwemmte heraufsteigend und überfließend den Hof, dabei einen hohen, empfindlichen Wärmegrad zeigend und Schwefelgeruch verbreitend. Der Blitz selbst hatte ein 1 $\frac{1}{2}$ Ellen tiefes und eben so viel im Durchmesser haltendes ganz rundes Loch gemacht, ohne daß man sah wohin die dasselbe ausfüllende Erde gekommen. Am andern Morgen war der Brunnen mit Schlamm angefüllt, das sonst klare und wohlschmeckende Wasser ganz versiegt, und das zurückgebliebene getrübt und von salpetrigem Geschmack.

I. *Ueber die Abhängigkeit einiger Cohäsionserscheinungen flüssiger Körper von der Temperatur;*
con M. L. Frankenheim.

Die Beobachtungen, deren Resultate ich hier mittheilen will, beziehen sich bloß auf den Zustand der Ruhe, und gehören zu der von Laplace, Gauß und Poisson mathematisch betrachteten Klasse von Cohäsionserscheinungen. Man könnte sie die *statischen* nennen, im Gegensatze zu den *dynamischen*, bei denen der flüssige Körper unter dem Einflusse der Cohäsion durch enge Röhren oder an Platten fortgleitet. Aber zwischen diesen statischen und dynamischen Erscheinungen ist es noch nicht gelungen, wie bei der gewöhnlichen Mechanik oder der Elasticität der festen Körper, das die beiden verwandten Abtheilungen verbindende Gesetz zu finden; der Physiker ist daher genöthigt, sie vorläufig als von einander unabhängig zu behandeln.

Mit diesen beiden Abtheilungen sind die Cohäsionserscheinungen der flüssigen Körper noch lange nicht erschöpft. Es gehört dahin noch die Elasticität, die sich beim Schalle oder dem allseitigen Drucke zeigt, die Kraft, mit der die flüssigen Theile ihrer Trennung von einander oder anderen Körpern widerstehen, und die man an gut ausgekochten Röhren, beim Sieden und in unzähligen anderen Fällen wahrnimmt, und endlich auch das specifische Gewicht, das man ebenfalls als ein unmittelbares Product der Cohäsionskräfte ansehen muß.

Um nun die Klasse von Cohäsionserscheinungen, mit denen wir uns hier beschäftigen wollen, von den übrigen zu unterscheiden, die ganz anderen Gesetzen folgen, habe ich in meiner ersten Abhandlung darüber für die bloß aus

der Wechselwirkung homogener Flüssigkeiten hervorgehenden statischen Erscheinungen die Bezeichnung *Synaphie* vorgeschlagen, und *Prosaphie* für die verwandten Erscheinungen, wo die Flüssigkeit einen heterogenen, d. h. nicht benetzten Körper berührt. Diese von mehreren Physikern angenommenen Ausdrücke werde ich auch hier beibehalten.

G e s c h i c h t l i c h e s .

Der Hauptinhalt der folgenden Arbeit ist der Einfluss der Temperatur auf die Synaphie. Was darin vor dem Jahre 1835 geschehen, habe ich in meiner *Cohäsionslehre*, S. 87, angeführt ¹⁾. Da es an zuverlässigen Beobachtungen fehlte, so gingen Laplace sowohl, als später Poisson von der nicht unwahrscheinlichen Hypothese aus, daß die Kraft der Synaphie für sich selbst von der Temperatur unabhängig sey. Aber jede Anziehung zwischen Körpern ist proportional dem Producte ihrer specifischen Gewichte, also bei homogenen Körpern dem Quadrate desselben. Bei höheren Temperaturen würde also die in Haarröhrchen gehobene Last in diesem Verhältnisse kleiner seyn. Aber diese Last selbst entspricht bei einer wärmeren und daher leichteren Flüssigkeit einer höheren Säule. Es bleibt also die Höhe der gehobenen Säule umgekehrt proportional dem specifischen Gewichte. Ein Paar Versuche, die Gay-Lussac bei Wasser von 8°,5 und 11° C. anstellte, widersprechen dieser Ansicht nicht. Aber dieses Intervall von $2^{\circ} \frac{1}{2}$ ist viel zu klein, um die Sache zu entscheiden.

1) Nicht in diesem Werk, aber in meiner Abhandlung, Erdm. Journ., Bd. 23, S. 404, habe ich Laplace die Meinung zugeschrieben, daß die Höhe einer Flüssigkeit in der Haarröhre dem specifischen Gewichte umgekehrt proportional sey. Dieses war jedoch, wie Brunner in seiner Abhandlung verwandten Inhalts (Poggendorff's Ann., Bd. 70, S. 492) mit Recht bemerkt, ein Versehen. Ich erwähne bei dieser Gelegenheit, daß der treffliche Montanari 1667, von dem Brunner S. 489 sagt, er sey von den neueren Physikern ganz unbeachtet geblieben, von mir ausführlich und nach Gebühr gewürdigt (*Cohäsionslehre*, S. 48), und, wie ich wohl sagen darf, einer anderthalbhundertjährigen Vergessenheit entrissen worden ist.

Der Einfluß der Temperatur auf den Stand der Flüssigkeit in Haarröhren ist zwar gleicher Art wie Laplace annahm, aber weit beträchtlicher, als auch das specifische Gewicht.

Dieses ging schon aus einigen a. a. O., S. 86, mitgetheilten Beobachtungen hervor. Der Unterschied von 0° und $16^{\circ},5$ (nicht $6^{\circ},5$, wie es durch einen im Druckfehler-Verzeichnisse corrigirten Fehler heißt) betrug am Wasser etwa $\frac{1}{33}$ der Höhe in der Haarröhre, während der Unterschied im specifischen Gewichte nur etwa $\frac{1}{1000}$ beträgt. Dasselbe, und zwar quantitativ ziemlich richtige, Resultat gaben einige andere dort als beiläufig mitgetheilte Beobachtungen an Wasser und Weingeist, bei denen die Flüssigkeit im Gefäße stark erwärmt und die Röhre durch wiederholtes Eintauchen auf einer möglichst gleichen Temperatur erhalten wurde.

Aber genaue Resultate können nur erlangt werden, wenn Röhre und Behälter in demselben Bade stehen. Zu diesem Behufe richtete ich den Apparat vor, den Hr. Dr. Sondhaufs in der gleich anzuführenden Abhandlung beschrieben und abgebildet hat. Er bestand in einer Heberröhre, der eine Arm weit, der andere eng, beide wohl calibriert und senkrecht in das Bad getaucht, dessen Oberfläche stets höher lag, als die Flüssigkeit in der engeren Röhre. Zwischen den Schenkeln stand ein Thermometer, auf beiden Seiten andere. Seltsamerweise war die zu Versuchen mit Haarröhrchen so bequeme Heberröhre noch niemals zu Messungen gebraucht worden, nicht einmal bei dem Quecksilber, dessen Oberfläche in der engen Röhre nur mit Mühe gefunden werden konnte; obgleich, wenn man die Correction scheute, der eine Arm so weit genommen werden konnte, daß sie zu vernachlässigen war.

Mit diesem Apparate beobachteten wir, Hr. Sondhaufs und ich, die Synaphie von Wasser und einigen Arten Weingeist von 0° bis beinahe zu ihren Siedpunkten. Und diese Versuche, nebst einigen, die er am Schwefel angestellt hat, sind von Hrn. Sondhaufs im Februar 1841 in seiner Inaugural-Abhandlung unter dem Titel:

De vi quam calor habet in fluidorum capillaritatem,
reducirt und beschrieben worden.

Im Verlaufe der Beobachtungen wurde der Apparat vervollkommnet, und ihm zuletzt die Gestalt gegeben, die ich im Folgenden genauer beschreiben werde. Mit diesem neuen Apparate habe ich unsere früheren Versuche an Wasser und Weingeist wiederholt, und auf Aether, Essigäther, Schwefelkohlenstoff und Schwefelsäure ausgedehnt, und alle diese von mir selbst, oder unter meiner Leitung angestellten Beobachtungen unter der Ueberschrift:

Ueber die Capillarität der flüssigen Körper bei verschiedenen Temperaturen; von Frankenheim und Sondhaufs, in Erdm. und March. Journ., 1841, Bd. 23, S. 401 bis 435,

bekannt gemacht. Einige Abweichungen zwischen den Resultaten dieser und der einige Wochen älteren Abhandlung rühren theils von den neuen, mit dem besseren Apparate angestellten Beobachtungen, theils von der etwas abweichenden Reduction her.

Diese Versuche betrafen jedoch, auſser der reducirten Höhe in der Haarröhre, bloß noch das specifische Gewicht bei der Temperatur der Luft. Eine interessante Function der Synaphie setzt jedoch auch die Kenntniß des specifischen Gewichts bei jeder Temperatur voraus, und diese war bei mehreren der untersuchten Flüssigkeiten noch nicht erlangt. Sie mußte also noch gesucht werden.

Auch wünschte ich einige Untersuchungen an isomeren Körpern anzustellen, um den Einfluß kennen zu lernen, den die Verschiedenheit der Mischungsgewichte bei gleicher elementarer Zusammensetzung auf die Synaphie haben mochte. Von solchen Körpern standen mir nur gereinigtes Citronöl, Terpentinöl, Rosmarinöl und Steinöl zu Gebote. Zu diesen fügte ich noch aus anderen Gründen Ameisensäure, Essigsäure und Chlorzink. Bei diesen Beobachtungen wurde ich von Hrn. Hildebrand unterstützt, der einen Theil derselben im März 1844 unter dem Titel:

De cohaesionis et ponderis specifi commutationibus, quae in nonnullis fluidis vi caloris efficiuntur,

zugleich mit dem von uns angewendeten Apparat beschrieben und den letztern abgebildet hat. Diese Arbeit ist zwar von mir an mehrere Freunde in Berlin u. a. O. vertheilt, aber sonst nicht weiter bekannt geworden, als es bei solchen Dissertationen der Fall zu seyn pflegt.

Viele andere Beobachtungen, theils über die Synaphie und das specifische Gewicht, theils über die Veränderungen in dem *negativen* Capillarstande des Quecksilbers sind zwar fast zur selben Zeit angestellt, aber noch gar nicht bekannt gemacht worden. Ich habe damit so lange gezögert, weil einige Versuche einer Wiederholung bedurften, und andere neu anzustellen waren, ehe man hoffen durfte den Zweck aller Beobachtungen, nämlich die Erkenntniß des Gesetzes der Erscheinungen zu erlangen. Ich muß dieses jetzt Andern überlassen.

Außer diesen von mir oder unter meinen Augen angestellten Untersuchungen ist bis auf die neueste Zeit keine Arbeit über die Synaphie und Prosaphie bekannt geworden, welche über die unsrigen hinausginge.

Buys-Ballot's, *De Synaphia et Prosaphia*, Utrecht 1844, habe ich mir zu meinem Bedauern nicht verschaffen können. Erst nach Vollendung dieser Abhandlung erhielt ich durch die Güte des Herausgebers der Annalen einen Abzug des Aufsatzes (Poggend. Annalen, Bd. 71, S. 177): Ueber den Einfluß der Temperatur auf die Synaphie, der einen Auszug aus seiner Dissertation und Beobachtungen über die Synaphie des Wassers und der Lösungen von schwefelsaurem Kupfer und Natron enthält. Er hat sich dazu der Adhäsionsplatten bedient, die vielleicht bei gewöhnlicher Temperatur denselben Grad von Sicherheit haben wie die Röhren; geben sie in der Regel etwas zu kleine Werthe, so geben diese, wenn sie elliptisch sind, einen im Verhältnisse zum Querschnitte zu großen. Aber für höhere Temperaturen halte ich sie nicht geeignet, und die ohnedieß nur mit Mühe und durch stetes Rühren auf

kurze Zeit genügend constant zu erhaltende Temperatur macht es, wie ich glaube, unmöglich, die Ruhe zu erlangen, welche die Adhäsionsplatte verlangt. Ich hatte mich anfangs ebenfalls der Adhäsionsplatten zu meinen Versuchen bedient, und zwar genau mit demselben Handgriff, der drei Stellschraubchen, die Buys-Ballot beschreibt, aber das Verfahren wieder aufgegeben.

Buys-Ballot hat, als er seine Dissertation 1844 schrieb, meine und Sondhaufs's Arbeit in Erdm. Journ., 1841, nicht gekannt, was bei einem Ausländer leicht zu erklären ist, und daher meinen nur beiläufigen Beobachtungen in der Cohäsionslehre eine Aufmerksamkeit zugewendet, die ich dankbar anerkenne, aber doch lieber in Beziehung auf die genauere Untersuchung in Erdm. Journal gesehen hätte. Auf einige seiner theoretischen Bemerkungen werde ich noch zurückkommen.

Artur (*Traité élémentaire de la capillarité*, 286, pp. 8. 1842) bestreitet die Theorie von Laplace und Poisson, und giebt an ihrer Stelle eine andere, welche mir, wie ich gestehen muß, unverständlich war. Seine Versuche, so weit sie sich auf unsere Aufgabe beziehen, sind sehr roh. Er stellte seine Röhren in die erhitzte Flüssigkeit, und fand zwar, wie ich selbst i. J. 1834, eine beträchtliche Abnahme in der Höhe der Säule, konnte aber natürlich ihre Gröfse nicht genau bestimmen. Seine Correctionsweise ist ganz willkürlich, indem er dabei den Radius der Röhren um eine gewisse Gröfse vermindert, welche einer, nach seiner Meinung, fest mit der inneren Wand verbundenen Flüssigkeitsschicht entspricht. Seine ganz unkritische Arbeit würde auch, wenn sie nicht viel jünger als die unsrigen wäre, keine Berücksichtigung verdienen.

Die neueste der hierher gehörigen Arbeiten ist C. Brunner's Untersuchung über die Cohäsion der Flüssigkeiten, Poggend. Annal., 1847, Bd. 70, S. 481. Sie enthält eine Reihe von Beobachtungen an Wasser, Aether und Olivenöl, die in dem Laboratorium von Magnus angestellt sind. Sein Apparat war von dem meinigen verschieden. Eine

enge Röhre tauchte in die Flüssigkeit eines weiten, von einem Oelbade umgebenen Gefäßes. In diesem wurde die Höhe der Flüssigkeit durch einen Metallstift, in der Röhre durch unmittelbares Ablesen, beides vermittelt eines genauen perpendiculären Maafsstabes mit Mikroskop bestimmt. Er *bedauert*, die Abhandlung von Sondhaufs von 1841 erst nach der Vollendung seiner Arbeit kennen gelernt zu haben. Die Abhandlung von Hildebrand, die der seinigen ebenfalls über zwei Jahre voranging, ist ihm ganz unbekannt geblieben. Es ist natürlich, daß Gelegenheitsschriften dieser Art nicht bekannt werden; aber ich glaubte doch durch die Abhandlung in Erdmann's Journal von 1841, die nicht nur den wesentlichen Inhalt der Sondhaufs'schen Dissertation, sondern auch eine sehr bedeutende Anzahl neuer Beobachtungen enthält, für die Verbreitung unserer Arbeit, wenigstens in Deutschland, hinlänglich gesorgt zu haben. Ich theile sein Bedauern, weil er dann wahrscheinlich, statt schon früher gefundene Resultate zu bestätigen, seine Aufmerksamkeit auf neue, noch nicht untersuchte Körper gerichtet hätte. Auch würde er dann wohl seinen Apparat anders eingerichtet haben. Denn da sein Bad nicht durchsichtig war, so konnte die Haarröhre nie ganz eingetaucht werden, und daher auch nicht die Temperatur des Bades und der Flüssigkeit im Gefäße haben. Die Beobachtungen folgen bei ihm viel zu rasch auf einander, so daß die verschiedenen Theile des Apparats, das Bad, die Röhren, das Thermometer unmöglich eine gleichförmige Temperatur angenommen haben konnten. Indessen ist dieses ein Fehler, der bei Untersuchungen dieser Art fast allgemein begangen wird, und den auch ich selbst erst in den späteren Beobachtungsreihen vermieden habe.

Ich habe für die folgenden Abschnitte sowohl die von Hildebrand in seiner Abhandlung benutzten Beobachtungen, als auch die später angestellten auf die mir jetzt am zweckmäfsigsten erscheinende Weise neu reducirt, und werde, um diesen Theil der Physik vollständiger geben zu können auch die schon in Erdm. Journal mitgetheilten Beobach-

tungen, auf gleiche Weise reducirt, im Auszuge aufnehmen. Für einige Einzelheiten der Beobachtung und einiges Theoretische verweise ich jedoch auf *meine Cohäsionslehre*, S. 46 bis 135, im Auszuge, aber mit einigen Versuchen vermehrt, Poggend. Annal., 1836, Bd. 37, S. 409 bis 420, und die oben erwähnte Abhandlung in Erdm. Journal, 1841.

Der Apparat.

Die ersten, von SONDHAUS beschriebenen Versuche ausgenommen, bedienten wir uns stets des folgenden Apparats. Der erste Theil desselben bestand aus einer Heberöhre mit Armen von ungleicher Weite, welche den zu untersuchenden Stoff enthielt, und in dem Deckel einer gläsernen Wanne befestigt war. Die Wanne war mit einer durchsichtigen, als Bad dienenden Flüssigkeit gefüllt.

A ist die aus einem Stück geblasene Wanne zum Bade, etwa 130 bis 170 Mm. hoch, 130 Mm. breit und 50 Mm. tief. Die langen Wände haben möglichst ebene Flächen. Der Boden und die schmalen Wände sind abgerundet. Wem der von englischen Physikern gebrauchte Kitt zu Gebote steht, würde vielleicht besser thun, die breiten Wände aus Spiegelglas zu nehmen; indessen habe ich mich überzeugt, daß die Unebenheiten der Wanne keinen merklichen Einfluß auf die Beobachtungen hatten. Siehe Fig. 5, Taf. I.

B ein Sandbad, in dem die Wanne stand, und das von den Säulen *C* und *D* getragen wurde.

An der Säule *D* war der starke Draht *E* mit der Wein-geistlampe *F*, die auf und ab gerückt und um *E* gedreht, daher schnell entfernt werden konnte. Bei starker Erhitzung wurde die Lampe *F* durch eine andere, mit drei Argand'schen Flammen auf einem gemeinsamen Weingeistbehälter ersetzt. Jede der Flammen konnte verstärkt und geschwächt, und dadurch die Hitze des Apparats sehr leicht regulirt und beliebig lange auf einer fast constanten Temperatur erhalten werden. Aber diese Einrichtung hat den Nachtheil, daß sich die Lampe selbst leicht erhitzt und nur mit Mühe kalt erhalten werden kann. Ein kleiner Ofen mit einer Vor-

richtung zu reguliren wäre besser; aber diesen konnte ich bei der Einrichtung meines Arbeitszimmers nicht anwenden.

Auf der Wanne lag ein hölzerner, an den Drähten *HH*, von den Säulen *II* getragener Deckel. Er hatte mehrere Löcher, in denen mittelst Korkpfropfen die in das Bad zu tauchenden Röhren und Thermometer befestigt wurden. Daß diese Deckel sich durch die Hitze etwas warfen, die Röhren daher um ein Paar Linien höher oder niedriger standen, war für die Beobachtungen, welche sich bloß auf die Unterschiede unter den Höhen bezogen, ohne Nachtheil.

Die vier Säulen *CDII* lassen sich in einer Fuge *K* des Brettes *L* hin- und herschieben, und leicht festschrauben.

Es waren mindestens zwei Thermometer, *b*, *b*, das eine in der Nähe der schmalen Wand, das andere in der Mitte in passender Höhe angebracht. Die Flüssigkeit wurde vermittelst eines breiten, an dem Stiele *G* befestigten Blechstücks oft durchrührt, und die Beobachtungen immer nur angestellt, wenn die Temperatur nahe constant war. Dieses ist von der größten Wichtigkeit, denn die von der mangelhaften Beobachtung der Temperatur herrührenden Fehler sind größer als alle anderen zusammengekommen, und selbst die trefflichen Beobachtungen von Pierre über den Einfluß der Temperatur auf das Volumen lassen in dieser Beziehung einiges zu wünschen übrig. Bei der geringen Weite der Heberröhren läßt sich jedoch die Temperatur leichter in Uebereinstimmung mit der des Bodens bringen; als wenn statt der Röhre ein Gefäß von einigen Zollen Weite angewendet worden wäre.

Die Flüssigkeit des Bades bestand, je nach dem Grade der Wärme oder Kälte, den man zu haben wünschte, aus Wasser oder Salzlösungen verschiedener Art. Für höhere Temperaturen nahm ich Chlorzink oder salpetersaures Ammoniak. Die Wahl war sehr beschränkt, weil die meisten Flüssigkeiten, die man als Bad anwenden kann, theils undurchsichtig sind, theils leicht erstarren oder sieden.

Der zweite Theil des Apparats war ein sogenanntes Kathetometer, aber viel kleiner als die gewöhnlichen. An

dem mit Stellschrauben versehenen Gestelle *M* läßt sich der Maafsstab *P* auf- und abrücken. An der Fassung der oberen Schraube hängt ein Loth, das in ein Zeichen der unteren einspielt, so dafs die perpendiculäre Lage des Maafstabes auch dann gesichert blieb, wenn die Säule des Gestelles etwas geneigt war.

Q ein Nonius, der noch eine Schätzung von 0,01 Mm. zuliefs, war mit dem Fernrohr *N* verbunden und durch Schrauben einer sehr feinen Bewegung fähig. Das Fernrohr stand von den zu beobachtenden Röhren etwa 200 Mm. ab, und lag in Spitzen, damit es auch in einer horizontalen Ebene um einige Grade rechts und links gedreht werden konnte.

Die Kalibrirung der Röhren.

Die Röhren, in welche die zu untersuchende Flüssigkeit kam, hatten, so weit man es unter der Lupe sehen konnte, einen kreisförmigen Querschnitt. Bei den weiteren Röhren war die auf diese Weise nicht zu erkennende Abweichung ohne Einflufs auf die Resultate. Bei den engen Röhren dagegen ist sie es allerdings nicht.

Der Durchmesser der weiteren Röhren wurde bestimmt, indem die Röhren unten zugeschmolzen, und abgewogene Mengen Quecksilber, etwa 20 Grm., nach und nach eingetragen wurden. Der Raum, den dieses Gewicht einnahm, und die Entfernung der Quecksilberhöhen von einem Feilstriche auf der Röhre wurde mit dem Kathetometer gemessen. Die Abweichungen, die sich dabei vor der Cylinderform ergaben, konnten nach Umständen vernachlässigt oder berücksichtigt werden.

Mühsamer war die Kalibrirung der engen Röhren, von denen keine so weit cylindrisch war, dafs man die Abweichung vernachlässigen durfte und viele gar nicht benutzt werden konnten. Ich nahm dazu stets ganz neue, 3 bis 4 Fufs lange Stücke, durch welche ich eine kurze Quecksilbersäule führte und ihre Länge maafs. Dann füllte ich fast die ganze Röhre mit Quecksilber, und bestimmte die Länge

der Säule und dann ihr Gewicht. Aus diesen beiden Operationen konnte die relative Weite der einzelnen Theile der Röhre und der mittlere absolute Querschnitt berechnet werden. Um aber daraus den Querschnitt und Radius eines jeden Theils der Röhre kennen zu lernen, war es nöthig eine Art Integration vorzunehmen, nämlich $\int r^2 dl = R^2 L$, wenn r und l Radius und Länge der einzelnen Theile der Röhre, R und L dieselben Werthe für das längere, mit dem abgewogenen Queksilber gefüllte Stück war. Dieses geschah am besten graphisch. Dann wird die lange Röhre in Stücken von passender Gröfse zerschnitten, und für eine jede dieser kurzen Röhren eine kleine Hülftabelle entworfen. Ich will nicht behaupten, dafs unsere Beobachtungen in allen Punkten so genau waren, dafs diese Correctionen der Weite kurzer und fast cylindrischer Röhren immer nothwendig gewesen wären, indessen sind diese bei den gelungenen Versuchen sogar bei ausgesuchten Röhren selten zu vernachlässigen.

Die weiten Röhren hatten ungefähr 6 Mm., die engen 0,3 Mm. Radius, doch war es zuweilen zweckmäfsig, ziemlich abweichende Dimensionen zu wählen.

Die weiten Röhren konnten in der Regel gereinigt und zu mehreren Versuchen verwendet werden; bei den engen ist dieses selten der Fall. Man mußte beinahe zu jedem neuen Versuche, insbesondere mit einer neuen Flüssigkeit, die enge Röhre abbrechen und eine neue anschmelzen. Dieses wiederholte Anschmelzen und Abbrechen könnte erspart werden, wenn man die enge Röhre genau in die Axe der weiteren hielt. In dem dadurch entstehenden ringförmigen Raume steigt die Flüssigkeit so hoch wie in einer Röhre auf, deren Radius die Differenz des *äußeren* Radius der engeren und des inneren der weiteren Röhre ist. Aber wenn diese Röhre nicht viel weiter als die von mir angewendete, also etwa 6 bis 7 Mm. Radius ist, so ist der Meniscus weit schwerer zu beobachten als in kreisförmigen Röhren, die Stellung in der Axe muß ganz genau seyn, Abweichungen von der Kreisform werden stärker. Und

will man dieses vermeiden, indem man die äußere Röhre weiter nimmt, so wird dadurch eine größere Menge Flüssigkeit nothwendig, und die größte Schwierigkeit bei diesen Beobachtungen, die Gleichförmigkeit der Temperatur zu erhalten, noch verstärkt.

Die Thermometer waren sämmtlich auf eine der Bessel'schen ähnliche Weise kalibriert, und überdies der Frier- und Siedpunkt, deren Lage sich, wenn sie hohen Temperaturen ausgesetzt waren, etwas verändert hatte, oftmals bestimmt. Natürlich bedurfte jedes Thermometer einer Hülftabelle.

Die Beobachtungsweise.

Ein System von festen Körpern ist bekanntlich oft in Ruhe, auch wenn das von der Schwere und anderen bewegenden Kräften abhängige statische Gleichgewicht nicht stattfindet. Die Ursache liegt in der Reibung. Man muß um ein von der Reibung unabhängiges Gleichgewicht zu erlangen, die Körper etwas bewegen, sie um die Lage des Gleichgewichts oscilliren lassen, und erlangt dieses alsdann um so genauer, je mehr man die Wirkungen der Reibung beseitigt hat. Bei dem Aufsteigen der Flüssigkeit in Röhren oder bei der Bildung von Tropfen finden ganz ähnliche Erscheinungen statt. Sie kann zu hoch und zu niedrig stehen, und um die Lage zu erlangen, bei welcher die Schwere mit der Synaphie im Gleichgewicht ist, muß man die Flüssigkeit über den Körper hinführen, und dieser darf dieser Bewegung kein beträchtliches Hinderniß entgegensetzen. Dieses ist nun der Fall, wenn er leicht benetzbar oder benetzt ist. Ueber ganz neue Röhren zieht sich das Wasser mit derselben Leichtigkeit, wie Weingeist oder Oel, aber an der Luft, besonders wenn sie mit öligen Dünsten gefüllt ist, überziehen sich alle Körper, Wasser, Glas und Platin, mit einer Schicht eines fremden Körpers, die zwar sehr dünn und unsichtbar, aber dennoch durch eine Menge von Erscheinungen kenntlich ist, die theils in das Gebiet

der Cohäsion, theils in das des Chemismus und der Electricität gehören. Den nachtheiligen Einfluss dieser Schicht auf die Benetzung muß man durch Neigen oder Einsenken der Röhren, wodurch die Flüssigkeit vorübergehend zu steigen gezwungen ist, möglichst zu beseitigen suchen.

Eine zweite Ursache, welche eine häufige Bewegung der Flüssigkeit in den Röhren nothwendig macht, sind die Veränderungen, die sie an der Luft erleidet. Sie zieht bald Wasser aus der Luft an, bald dampft sie Wasser oder andere flüchtige Bestandtheile aus. Nicht selten zersetzt sich sogar die Flüssigkeit durch eine ebenfalls zur Cohäsion gehörige Erscheinung, durch die Diffusion, indem sich der leichter benetzende Bestandtheil der inneren Wand der Röhre leichter entlang zieht, wie der andere. Indessen lassen sich die Folgen dieser Processe durch ein vorsichtiges Verfahren unschädlich machen. Auch ist die dünne Schicht einer abweichend zusammengesetzten Flüssigkeit, welche sich auf der Oberfläche der flüssigen Säulen bilden kann, ohne Nachtheil, so lange ihre Dicke ganz unbedeutend ist, indem, nach Poisson (*Theorie de l'action capillaire*, p. 142), die Summe der Gewichte beider Flüssigkeiten in der Röhre von dem Gewichte der unteren, wenn diese allein in der Röhre ist, nicht verschieden ist.

Man kann, wenn die Röhren ganz unbeweglich seyn sollten, die Flüssigkeit auch durch Hineinstellen eines Glasstäbchens in Bewegung setzen. Da man jedoch stets die Höhe der Flüssigkeit in beiden Schenkeln rasch nach einander beobachtet, so schadet es nicht, wenn auch die Röhre nicht ganz in die frühere Lage zurückgebracht wird, auch nicht einmal wenn ihre Stellung ein wenig von der Verticalen abweichen sollte, indem der Unterschied in der Höhe nicht von der Menge der Flüssigkeit, sondern ganz wie bei communicirenden Röhren nur von dem verticalen Unterschiede abhängt, und dieser auch nur gemessen wird. Nur bei einer weit größeren Abweichung, als in den Versuchen vorkommen könnte, würde die Gestalt des Meniscus durch die Neigung beträchtlich verändert werden. Ei-

nige nothwendige Handgriffe habe ich schon (Erdm. Journ., Bd. 23, S. 410) beschrieben.

Die Reduction der Beobachtungen.

Eine die Röhre benetzende Flüssigkeit endigt sich, wie bekannt, in einer concaven Fläche, die in engen Röhren, wie die, welche zu unseren Versuchen dienten, beinahe eine Halbkugelfläche ist, in einer weiten Röhre zwar ebenfalls die Wände berührt, aber flacher ist wie die Kugel. Die Höhe des Meniscus in der engen Röhre ist daher $=r$, wenn r der Radius ist, zu setzen, und s ein Volum $=\frac{2}{3}\pi r^2$. Wenn h die Höhe der Flüssigkeit in der Axe ist, so ist die *reducirte* Höhe $=h + \frac{1}{3}r$.

Die Gestalt des Meniscus in der weiten Röhre ist dagegen zugleich von dem Radius R und der Synaphie abhängig, und diese könnte sogar aus der Höhe des Meniscus berechnet werden, wenn nicht sehr kleine Unterschiede in ihr schon einen sehr merklichen in der Synaphie voraussetzten. Laplace und Poisson haben die Höhe des Meniscus für die zwei Fälle berechnet, wo der Radius sehr klein gegen die Constante der Synaphie ist, und da wo er umgekehrt sehr groß dagegen ist. Die Poisson'sche Gleichung läßt sich in dem zweiten Falle zum Behufe der Rechnung am bequemsten in die folgende Form bringen ¹⁾:

$$m = 0,414 \sqrt{S} + R$$

$$H' = \sqrt{S} + 0,305 \cdot S : R$$

$$2 \log H = 1,086 + \frac{1}{2} \log S + \log m - \frac{m}{\sqrt{S}} 1,228,$$

wenn $S=a^2$ von Poisson die unten oft vorkommende Constante ist, R der Radius, H' und H die Höhen der Flüssigkeit an der Wand und in der Axe der Röhre, so daß die Höhe des Meniscus $K=H'-H$ ist. Nach dieser Formel habe ich eine Tabelle über die Größe des Meniscus für den ganzen Umfang der angewendeten Röhren und Flüssigkeiten berechnet; aber für Röhren von 3 bis 7 Mm. Ra-

1) Sie steht schon in Erdmann's Journal, Bd. 23, S. 417, aber durch Schreib- und Druckfehler so entstellt, daß ich sie hier wiederholen muß.

dius, die ich gewöhnlich angewendet habe, stimmt die Beobachtung mit dieser Rechnung nicht überein. Ein Versuch, den ich machte, um die annähernden Werthe für den Meniscus unter den Umständen; meiner Beobachtungen aus den ursprünglichen Gleichungen zu berechnen, führte auf so weitläufige Rechnungen, daß ich ihn aufgeben mußte. Ich habe es daher vorgezogen, den Meniscus unmittelbar zu beobachten, und sein Volumen unter der jedenfalls von der Wirklichkeit wenig abweichenden Voraussetzung zu berechnen, daß er die Gestalt eines die Wände der Röhren berührenden Halb-Sphäroïds sey.

Das Volumen dieses Halb-Sphäroïds, dessen Höhe $=K = H' - H$ ist, ist also $=\frac{2}{3}KR^2$.

Die reducirte Höhe der Flüssigkeit in der weiten Röhre also:

$$=H + \frac{1}{3}K = H' - \frac{2}{3}K.$$

Wenn also H , H' und h unmittelbar beobachtet sind, und man nennt S die reducirte Höhe der Flüssigkeit in einer cylindrischen Höhe von 1 Mm. Radius, so ist:

$$S = \frac{Rr}{R-r} [h - H + \frac{1}{3}r - \frac{1}{3}K].$$

Dieser Werth S wurde nun für jede einzelne Beobachtung berechnet. Ich werde ihn in der Folge als Maafs der Synaphie annehmen.

Hierbei ist vorausgesetzt, daß der Querschnitt der Röhre vollkommen kreisförmig sey. Wenn er es nicht ist, so wird die Flüssigkeit in ihr höher stehen als bei einer kreisförmigen Röhre von gleichem Querschnitt, und man wird für die Synaphie einen zu hohen Werth erlangen. Nun läßt sich zwar bei Haarröhrchen die Gröfse des Querschnitts mit hoher Genauigkeit bestimmen; aber in seiner Gestalt können Abweichungen zurückbleiben, welche auf das Resultat von bemerklichem Einfluß sind. Haarröhrchen einfach in ein Gefäß getaucht, oder als Arm eines Heberrohrs sind daher zur Bestimmung des *absoluten* Werthes der Synaphie nicht geeignet. Man müßte dazu entweder zwei parallele Platten wählen, die in den Händen eines guten Beob-

achters eine hinlängliche Genauigkeit geben würden, oder wie Gaußs (*Princip. generalia theoriae figurae fluidorum*, 1830, p. 52) vorschlägt, die Höhe der Luftblasen messen, die sich zwischen einem schwach concaven Glase und der Oberfläche einer Flüssigkeit bilden.

Aber für meinen Zweck ist dieser Mangel der Haarröhren ganz ohne Einfluß. Ich wollte nicht den absoluten Werth der Synaphie, sondern nur seinen *relativen* in verschiedenen Temperaturen kennen lernen, und dieser bleibt unverändert, auch wenn der Querschnitt der Röhre, der für eine ganze Reihe von Beobachtungen fast identisch ist, ein wenig vom Kreise abweicht. Auch ein geringer Fehler in der Correction des Meniscus ist, wie die Formel zeigt, ohne Bedeutung für die Verhältnisse der Synaphie, wenn er auch für die absoluten Werthe derselben nicht vernachlässigt werden darf.

Die Interpolation.

Die Thermometer wurden abgelesen, wenn die Temperatur am gleichförmigsten zu seyn schien; daß es ganze Grade oder gar eine durch fünf oder zehn theilbare Anzahl von Graden seyn sollten, darauf wurde natürlich nicht der geringste Werth gelegt. Es wurden unmittelbar Zehntelgrade bestimmt, und durch die niemals überflüssigen Correctionen wegen der Theilung und der Form der Röhren kamen stets Hundertelgrade in die Rechnung. Die Intervalle der einzelnen Beobachtungen, obgleich nicht sehr verschieden, waren daher immer noch ziemlich ungleichförmig vertheilt. Dazu kam noch, daß die Beobachtungen fast ohne Ausnahme aus zwei Reihen der auf- und der absteigenden Temperatur bestanden, und gewöhnlich auch zwei oder mehrere von einander unabhängige Reihen beobachtet waren. Es war daher, wenn man eine Tabelle berechnen wollte, nothwendig, die Beobachtungen zu interpoliren.

Dieses kann graphisch oder durch die Rechnung geschehen. Wenn die Gestalt der Formel schon bekannt ist, wenn man z. B. wüßte, daß:

$$S = A + Bt + Ct^2$$

wäre, und man blofs A , B , C zu bestimmen hätte, so müßte man diese Gröfse nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnen. Aber dieses ist in der Physik sehr selten der Fall, und eine solche Gleichung mit aufsteigenden Potenzen ist immer nur als der Ausdruck einer irrationalen Gröfse anzusehen, deren wahre Gestalt noch unbekannt ist. Zwischen gewissen Gränzen weicht diese Formel so wenig von den Beobachtungen ab, daß man sich ihrer bei der Berechnung der Zwischenwerthe bedienen kann. Für andere Gränzen erlangen die Constanten einen andern Werth, und man darf sich der Formel niemals für Werthe von t bedienen, die beträchtlich entfernt von den Gränzen der Beobachtungen sind, aus denen sie abgeleitet ist. Diese Bemerkungen wären ganz unnöthig, wenn nicht noch jetzt sonst umsichtige Physiker den unverzeihlichen Fehler begingen eine Interpolationsformel für den Ausdruck eines Naturgesetzes zu halten, und selbst Maxima und Minima für ganz fremdartige Bedingungen herauszurechnen.

Ich bin, wo ich die Formeln berechnet habe, niemals über die zweite Potenz von t (der Temperatur) hinausgegangen. Die Berechnung einer beträchtlichen Anzahl nicht periodischer Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate wird, wo die Anzahl der Glieder größer ist als zwei, so mühsam, daß man sie nur bei sehr genauen Versuchen und bei der Aussicht, dadurch das wahre Naturgesetz zu finden, vornehmen mag. Wo eine Formel für den ganzen Umfang der Beobachtungen nicht ausreicht, ist es besser ihrer zwei zu berechnen.

Uebrigens gewährt die graphische Methode fast dieselbe Sicherheit für die Richtigkeit der Zwischenwerthe. Man trägt alle Beobachtungen in ein Netz von passendem Umfange ein, und zieht eine solche Linie hindurch, welche sich dem Augenscheine nach möglichst wenig von den einzelnen Beobachtungen entfernt. In einigen Fällen, wo die Anzahl der Beobachtungen sehr groß war, habe ich beide Methoden so combinirt, daß ich die Werthe von 5 zu 5

Graden graphisch bestimmte, und diese Werthe dann durch eine strenge Rechnung mittelst einer Formel verband.

Die Anordnung der Tabellen.

Die Tabellen enthalten die Werthe, welche verschiedene, von der Cohäsion der Flüssigkeit abhängige Gröfsen bei verschiedenen Temperaturen (t) annehmen.

P ist das specifische Gewicht, das heifst, das Gewicht eines Cubikcentimeters entweder nach den Beobachtungen Anderer, besonders nach Pierre, wenn diese vorhanden waren, oder nach Beobachtungen, die wir selbst angestellt haben, und die ich in der Folge genau beschreiben werde.

S ist die schon oft angeführte Constante der Synaphie, nämlich die reducirte Höhe der Flüssigkeit in einer Harröhre von 1 Mm. Radius. Für jede andere Röhre von dem Radius r würde die reducirte Höhe $= S : r$ seyn.

$C = \sqrt{2S}$ ist dem α von Poisson proportional. Es ist die reducirte Dicke der Schicht Flüssigkeit, welche im Momente des Abreissens zwischen der Adhäsionsplatte und dem Spiegel der Flüssigkeit ist; die wirkliche Dicke der Schicht ist, sobald die Platte nicht sehr klein ist, fast constant, und kommt, je gröfser diese ist, um so genauer mit C überein.

$M = \frac{P}{m} \sqrt{2S}$ ist das was ich (Cohäsionslehre, S. 70) die *Gewichtssynaphie* oder den *Modulus* der Synaphie genannt habe. Es ist das reducirte Gewicht, welches eine Adhäsionsplatte tragen kann, den Druck der Atmosphäre als Einheit genommen; $m = 10315$ Mgrm. ist der Druck der Atmosphäre von 760 Mm. auf 1 Quadratmillimeter, $m : P$, also die Höhe einer Flüssigkeitssäule, deren Druck gleich einer Atmosphäre ist.

Jede Tabelle besteht aus zwei Theilen. In dem ersten sind die Werthe von P , S , C und M bei $0^\circ = 1$ gesetzt, also nur *relativ*. Sie gehen stets von 10° zu 10° . In dem zweiten sind die wirklichen Werthe jener Gröfsen selbst von 25° zu 25° gegeben, und zwar S und C in Millime-

tern, und M in Millionteln Atmosphären. Diese Werthe können, aus den oben angegebenen Gründen, nur auf Annäherung Anspruch machen.

I. W a s s e r.

1) Relative Werthe.

t° C.	Spec. Gew.	S .	C .	M .
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
10	1,0000	0,9820	0,9910	0,9909
20	0,9984	638	817	802
30	959	453	723	683
40	925	268	627	555
50	883	080	529	418
60	832	0,8891	429	271
70	776	699	327	118
80	715	505	222	0,8959
90	650	310	116	797
100	582	113	007	631

2) Absolute Werthe.

0	0,9999	15,366	5,544	537,5
25	972	14,668	5,413	523,8
50	882	13,952	5,282	506,2
75	745	13,218	5,141	485,9
100	581	12,466	4,993	463,9

Das specifische Gewicht ist aus den Beobachtungen von Pierre berechnet, nach welchen ich später eine vollständige Tabelle geben werde.

Die Werthe von S sind nach der Formel

$$S = 1 - 0,001794 t - 0,00000093 t^2$$

berechnet. Nicht sehr abweichend ist die einfachere:

$$S = 1 - 0,001875 t.$$

Die Constanten habe ich aus Sondhaufs und meinen bei dem Wasser sehr zahlreichen und gut stimmenden Beobachtungen zwischen -205° und $93^{\circ},4$ C. nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet. C und M sind dann einzeln aus den entsprechenden Werthen von S und P gefunden.

Die Veränderung von S sowohl als von C und M ist

weit stärker als im specifischen Gewicht, und zwar stets beschleunigt. Eine Curve für S , wo t den Abscissen entspricht, würde daher die Höhlung stets der Abscissenlinie zukehren.

Schon die Tabelle zeigt, daß die Synaphie, deren Gang fast geradlinig ist, ganz andere Gesetze befolgt, als das specifische Gewicht, dessen Veränderungen mit der Höhe der Temperatur sehr rasch zunehmen, und das sogar den in dem ganzen Gebiete der Wärmelehre bis jetzt einsam dastehenden Falle eines Maximums bei etwa 4° C. zeigt. Es war daher zu erwarten, daß die Synaphie kein solches Maximum zeigte, und dieses ergab sich schon aus den im Anfange 1841 von Hrn. SONDHAUS bekannt gemachten Beobachtungen, und noch vollständiger aus einer kleinen unmittelbar aus den Beobachtungen abgeleiteten, noch unter den Frierpunkt hinabgehenden Tabelle, die ich bald nachher in Erdmann's Journal, a. a. O., S. 422, mitgetheilt habe, und von der die folgende ein Auszug ist:

t° C.	S .	t° C.	S .	t° C.	S .
−2,5	1,0114	+1,0	0,9984	5,0	0,9940
2,0	079	2,0	972	6,0	929
1,0	032	3,0	961	7,0	917
0,0	000	4,0	950	8,0	906

Auch Hr. Brunner hat das Wasser, aber nur von 0° bis 82° beobachtet, und seine Angaben stimmen, so weit sie reichen, mit den unsrigen überein.

II. Terpenthinöl.

Dieses und die folgenden Oele waren von Hrn. DUFLOS durch wiederholte Destillation über Chlorcalcium gereinigt und wasserfrei; doch ist es, nach der Höhe des specifischen Gewichts zu schliessen, wahrscheinlich, daß sie mit der Zeit etwas Wasser aufgenommen haben. Alle diese Oele hatten die Eigenschaft, daß sich aus ihnen, wenn man sie erhitze, ein permanentes Gas entwickelte, und ein Auskochen in der Thermometerröhre, in der sie zur Bestimmung der Ausdehnung des Volumens gebracht waren, unmöglich

machte. Ihr Kochen war in der That nur eine Zersetzung in isomere Körper. Meine Absicht, vollkommen homogene Körper zu beobachten, wurde also nicht erreicht, und war auch mit den mir in Breslau zu Gebote stehenden Hilfsmitteln nicht zu erreichen. Indessen wird doch das Verhalten der folgenden Körper, welche bei einer übereinstimmenden elementaren Zusammensetzung chemisch verschieden waren, einiges Interesse gewähren.

1) Relative Werthe des Terpenthinöls.

t° C.	Spec. Gew.	S .	C .	M .
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
10	0,9915	0,9777	0,9888	0,9803
20	828	551	777	604
30	741	321	657	407
40	653	088	533	203
50	563	0,8852	409	0,8999
60	476	612	280	794
70	386	369	148	586
80	296	122	012	378
90	205	0,7872	0,8872	167
100	114	618	728	0,7955
110	023	361	580	743
120	0,8931	101	427	526
130	840	0,6837	269	309
140	748	570	106	091

2) Absolute Werthe.

0	0,8902	6,705	3,662	316,1
25	711	327	557	300,5
50	515	5,935	445	284,5
75	315	629	325	268,1
100	113	108	196	251,4
125	0,7910	4,773	057	234,5

Die Veränderungen des specifischen Gewichts sind von uns selbst bestimmt. S ist nach der Formel

$$S = 1 - 0,0022106 t - 0,00000171 t^2$$

berechnet. Die Beobachtungen gingen von 17° bis 137° , von denen bereits ein Theil in Hildebrand's Dissertation benutzt ist. Wenig davon verschiedene Werthe giebt

$$S = 1 - 0,0024656 t \text{ und für } 0^{\circ} = 6,76$$

die mittlere Veränderung der Synaphie über 100° , die von $100^{\circ}=1$ gesetzt, ist:

$$S = 1 - 0,003350 t.$$

M ändert sich der Temperatur beinahe proportional.

III. Citronenöl erster Art

1) Relative Werthe.

$t^{\circ} \text{ C.}$	Spec. Gew.	$S.$	$C.$	$M.$
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
10	0,9913	0,9728	0,9864	0,9777
20	825	486	729	559
30	737	214	599	347
40	648	0,8972	473	180
50	558	740	349	0,0230
60	469	518	229	730
70	378	307	114	548
80	288	103	003	361
90	197	0,7914	0,8896	181
100	106	702	702	007
110	015	561	695	0,7839
120	0,9023	400	602	676

2) Absolute Werthe.

0	0,8380	7,10	3,768	306,2
25	197	6,63	642	289,4
50	010	6,21	523	273,6
75	0,7821	5,83	413	258,9
100	631	5,49	313	245,2
125	440	5,27	225	232,1

Die Veränderungen des specifischen Gewichts sind von uns selbst bestimmt. S ist nach der Formel

$$S = 1 - 0,002771 t + 0,00000503 t^2$$

berechnet. Die Beobachtungen gingen von 17° bis 125° . Fast eben so gut stimmt

$$S = 1 - 0,002405 t \text{ und für } 0^{\circ} 7,23 \text{ Mm.}$$

Die mittlere Veränderung der Synaphie über 100° , die von $100^{\circ}=1$ gesetzt, ist:

$$S = 1 - 0,003170 t.$$

IV) Citronenöl zweiter Art.

Das früher untersuchte Citronenöl hatte sich mit der Zeit etwas verändert, sein spec. Gewicht war gestiegen.

1) Relative Werthe.

t° C.	Spec. Gew	S .	C .	M .
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
10	0,9920	0,9759	0,9879	0,9799
20	836	518	756	596
30	751	277	632	392
40	0,9663	0,9036	0,9506	0,9185
50	573	0,8794	378	0,8977
60	481	553	248	768
70	387	312	117	558
80	291	071	0,8984	346
90	193	0,7830	849	135
100	095	589	711	0,7923
110	0,8995	348	571	710
120	894	107	430	498

2) Absolute Werthe.

0	0,8661	6,880	3,709	311,5
25	483	466	596	295,8
50	291	050	479	279,6
75	088	5,635	357	263,3
100	0,7877	221	231	246,8
125	659	4,807	100	230,2

Die Veränderungen des specifischen Gewichts sind von uns selbst bestimmt. S ist nach der Formel

$$S = 1,0000 - 0,002411 t$$

berechnet. Die Beobachtungen lagen zwischen 20° und 110° . Etwas besser stimmt

$$S = 1,0000 - 0,002018 t - 0,00000339 t^2 \text{ mit } S = 6,95 \text{ Mm. für } t = 0^{\circ}.$$

V. Petroleum.

Die Bereitung und die Zusammensetzung war derjenigen des Terpenthinöls ähnlich. Das Steinöl einiger Chemiker, von 0,753 specifischem Gewicht, das bei 85° siedet, ist ein anderer Körper.

1) Relative Werthe.

t° C.	Spec. Gew.	S .	C .	M .
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
10	0,9911	0,9747	0,9871	0,9783
20	818	501	747	570
30	726	260	623	359

t° C.	Spec. Gew.	S .	C .	M .
40	0,9632	0,9026	0,9495	0,9146
50	538	0,8797	379	0,8946
60	443	575	260	744
70	348	358	142	546
80	250	148	023	348
90	155	0,7945	0,8913	161
100	059	746	801	0,7973
110	0,8962	0,7554	0,8691	0,7789
120	865	368	584	609
130	768	188	478	434

2) Absolute Werthe.

0	0,8467	6,949	3,728	306,1
25	274	518	611	289,7
50	076	113	496	273,8
75	0,7874	5,735	387	258,6
100	670	383	281	244,0
125	465	057	180	230,2

Die Veränderungen des specifischen Gewichts sind von uns selbst bestimmt. S ist nach der Formel:

$$S = 1,0000 - 0,0025572 t + 0,00000303 t^2$$

berechnet. Die Beobachtungen lagen zwischen 17° und 128° . Die mittlere Gröfse der Werthe von S über 100, der bei $100^{\circ} = 1$ gesetzt, ist:

$$S = 1,0000 - 0,002644 t.$$

VI. Alkohol.

1) Relative Werthe.

t° C.	Spec. Gew.	S .	C .	M .
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
10	0,9902	0,9799	0,9899	0,9802
20	799	581	788	591
30	696	347	668	374
40	592	095	537	148
50	486	0,8827	395	0,8912
60	380	541	242	669
70	268	239	077	412

2) Absolute Werthe.

0	0,8208	6,05	3,478	276,8
25	001	5,73	386	262,7
50	0,7786	5,34	268	246,7
75	562	4,89	127	229,3

Das specifische Gewicht ist dasselbe, das ich in meiner Abhandlung in Erdm. Journ., a. a. O., S. 423, angewendet habe; die Formel ist nach den Beobachtungen, die von 0° bis 75° gingen,

$$S = 1,0000 - 0,001924 t - 0,00000845 t^2$$

berechnet, nach mehreren gut stimmenden Beobachtungsreihen, die Hr. Sondhaufs und ich zwischen 0° und 75° angestellt haben. Die Curve wendet also, wie bei dem Wasser, der Abscissenlinie nach den Temperaturen ihre Hohlseite zu.

VII. Weingeist von 0,9274 spec. Gew.

Der verdünnte Weingeist liefs sich nicht so gut beobachten, wie der Alkohol oder andere in chemischem Sinne homogene Flüssigkeiten. Er theilt diese Eigenschaft mit vielen anderen Lösungen, sowohl flüssiger Körper gegen einander, als fester in flüssigen, z. B. der verdünnten Schwefelsäure, der Kalilösung. Indessen konnte man doch bei gehöriger Vorsicht sichere Resultate erlangen.

1) Relative Werthe.

t° C.	Spec. Gew.	S.	C.	M.
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
10	0,9913	0,9812	0,9906	0,9820
20	828	625	811	642
30	739	437	714	461
40	647	249	617	277
50	556	062	519	097
60	465	0,8874	420	0,8916
70	369	686	320	732
80	275	498	218	550

2) Absolute Werthe.

0	0,9274	6,41	3,58	322
25	074	6,11	49	307
50	0,8862	5,80	41	293
75	645	5,50	32	278

Das specifische Gewicht nach meiner Abhandlung, Erdm. Journ., a. a. O., S. 424. Die Formel stimmt nach den Beobachtungen von —2° bis 70°

$$S = 1,0000 - 0,001877 t$$

ganz gut. Der absolute Werth ist nach Gay-Lussac's Versuchen mit Berücksichtigung der Temperatur interpolirt, obgleich ich die Angaben für etwas zu niedrig halte. Poiseuille's Beobachtungen, die er gelegentlich bei seinen Untersuchungen über den Ausfluß von Weingeist durch enge Röhren giebt, sind gewiß unrichtig.

VIII. Weingeist von 0,9667 spec. Gew.

1) Relative Werthe.

t° C.	Spec. Gew.	<i>S.</i>	<i>C.</i>	<i>M.</i>
0	1,000	1,000	1,000	1,000
10	0,995	975	0,988	0,983
20	89	50	75	64
30	82	27	63	46
40	75	06	53	29
50	68	0,890	43	14
60	62	80	38	02
70	54	72	33	0,891
80	46	62	28	79

2) Absolute Werthe.

0	0,9667	7,27	3,81	357
25	532	6,82	69	341
50	360	49	60	327
75	180	25	55	316

Beobachtet wurde von 1° bis 76° .

Die Angaben sind ein Auszug aus der Tabelle in Erdm. Journ., a. a. O., S. 424.

Nach der Methode der kleinsten Quadrate würde die Formel

$$S = 1,0000 - 0,001862 t + 0,00001586 t^2$$

seyn, aber schon bei etwa 60° auf eine Zunahme der Synaphie führen, während ich, so weit ich beobachtete, stets Abnahme gefunden habe. Ich habe daher die graphische Interpolation beibehalten. Die Bestimmung des absoluten Werthes von *S* beruht auf meinen und Gay-Lussac's Beobachtungen. Die Angabe von 8,80, in Erdm. Journ., a. a. O., S. 424, war ein Schreibfehler.

IX. Aether.

1) Relative Werthe.

t° C.	Spec. Gew.	S.	C.	M.
-10	1,0154	1,0470	1,0232	1,0389
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
+10	0,9848	0,9530	0,9762	0,9614
20	694	060	518	227
30	537	0,8590	268	0,8839
40	373	120	011	446

2) Absolute Werthe.

0	0,5370	5,40	3,29	235
25	156	4,77	09	213

Das specifische Gewicht nach Pierre. Die Formel nach Beobachtungen von -6° bis $+35^{\circ}$:

$$S = 1,0000 - 0,004700 t,$$

also die Curve fast geradlinig. Ungeachtet der Schnelligkeit mit der das specifische Gewicht abnimmt, bleibt diese Abnahme immer noch kleiner als die der Constanten der Synaphie.

Wenn man die Gröfsen in demselben Verhältnisse bis 100° fortsetzen wollte, so wäre bei 100°

$$\text{spec. Gewicht} = 0,836; S = 0,532; M = 0,614$$

die stärkste Abnahme, die man kennt.

X. Essigäther.

1) Relative Werthe.

t° C.	Spec. Gew.	S.	C.	M.
-10	1,0101	1,0325	1,0161	1,0264
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
+10	0,9894	0,9692	0,9849	0,9740
20	782	384	687	476
30	667	045	510	193
40	547	0,8704	328	0,8908
50	425	316	119	594
60	298	0,7532	0,8678	070

2) Absolute Werthe.

0	0,9051	6,10	3,49	306
25	8801	5,61	35	286
50	8530	5,07	18	263

Die Beobachtung in der Haarröhre habe ich schon, Erdm. Journ., a. a. O., S. 427, mitgetheilt, die Veränderungen des spec. Gewichts aber später bestimmt. Die Beobachtungen gingen von $-8^{\circ},5$ bis 64° , und würden auf die Formel

$$S = 1,0000 - 0,003986 t - 0,00003370 t^2$$

führen, die aber so weit von den Beobachtungen abweicht, daß ich die graphische Interpolation beibehalten habe. Die Curve ist nach unten concav, und geht seltsamerweise bei 50° schnell zu einer beträchtlichen Steigerung über, während sie in niedrigerer und höherer Temperatur wenig von einer geraden Linie abweicht. Es ist, als wenn die Flüssigkeit hier eine chemische Veränderung erführe. Der Essigäther verdient daher eine genauere Untersuchung mit einem ganz reinen Präparate. Der früher zu der Beobachtung über Synaphie benutzte Essigäther hatte ein specifisches Gewicht von 0,866, der ein Paar Jahr später auf seine Ausdehnung untersuchte dagegen 0,9051. Ich habe die Rubriken *C* und *M* nach dem zweiten Werthe berechnet.

XI. Schwefelkohlenstoff.

1) Relative Werthe.

t° C.	Spec. Gew.	<i>S.</i>	<i>C.</i>	<i>M.</i>
-10	1,0114	1,0198	1,0098	1,0214
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
+10	0,9886	0,9802	0,9900	0,9787
20	770	604	800	575
30	653	406	698	362
40	533	208	596	147

2) Absolute Werthe.

0	1,290	5,10	3,19	399
25	253	4,84	11	378

Die Aenderung des specifischen Gewichts ist nach *Pierre*. Die Beobachtungen zwischen -5° und $+36^{\circ}$ stimmen ziemlich gut mit der Formel:

$$S = 1,0000 - 0,001980 t,$$

also nach einer geraden Linie. Das specifische Gewicht erleidet also eine stärkere Abnahme wie *C*, was auch sonst

zuweilen vorkommt. Die Werthe von S und M nehmen jedoch auch hier weit rascher ab, als die des specifischen Gewichts.

XII. Essigsäure.

1) Relative Werthe.

t° C.	Spec. Gew.	S .	C .	M .
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
10	9949	0,9877	0,9938	0,9887
20	893	757	878	772
30	833	638	817	653
40	768	522	758	532
50	700	407	699	408
60	628	295	641	283
70	553	184	583	155
80	474	076	527	026
90	392	0,8969	470	0,8895
100	308	864	415	763

2) Absolute Werthe.

0	1,0522	8,51	4,13	421
25	378	25	06	409
50	207	00	00	396
75	011	7,77	3,94	383
100	0,9794	54	88	369

Die Aenderungen des specifischen Gewichts beruhen auf unseren eigenen Beobachtungen. Die Formel für S

$$S = 1,0000 - 0,0012356 t + 0,00000100 t^2$$

auf Beobachtungen von 13° bis 100° . Also fast eine gerade Linie. Auch stimmt

$$S = 1,0000 - 0,0011340 t$$

fast eben so gut damit überein.

XIII. Ameisensäure von 1,1051 spec. Gew.

1) Relative Werthe.

t° C.	Spec. Gew.	S .	C .	M .
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
10	0,9946	0,9882	0,9941	0,9887
20	888	767	883	772
30	825	657	827	655

t° C.	Spec. Gew.	<i>S.</i>	<i>C.</i>	<i>M.</i>
40	0,9758	0,9550	0,9772	0,9535
50	686	448	720	415
60	610	350	669	293
70	531	255	620	169
80	448	165	573	045

2) Absolute Werthe.

0	1,1051	10,20	4,49	481
25	0893	9,91	43	467
50	0704	64	37	453
75	0487	39	31	438

Die Veränderungen des specifischen Gewichts nach unseren eigenen Beobachtungen. Die Beobachtungen waren zwischen 15° und 77° C. Nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet würde die Formel

$$s = 1,0000 - 0,0012044 t + 0,00000201 t^2$$

seyn. Aber die Abweichungen gehen über die Gränze der wahrscheinlichen Fehler hinaus. Ich habe daher die graphische Interpolation vorgezogen.

XIV. Ameisensäure von 1,0441 spec. Gew.

1) Relative Werthe.

t° C.	Spec. Gew.	<i>S.</i>	<i>C.</i>	<i>M.</i>
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
10	0,9958	0,9972	0,9986	0,9944
20	916	921	968	877
30	874	847	923	799
40	832	751	875	709
50	788	632	814	606
60	742	491	742	490
70	680	328	658	349
80	607	143	562	186
90	519	0,8936	453	0,8998
100	399	707	331	770

2) Absolute Werthe.

0	1,0441	10,21	4,519	457,5
25	331	09	493	50,1
50	219	9,83	431	39,4
75	068	43	343	24,0
100	0,9815	8,89	217	01,2

Die Veränderung des specifischen Gewichts nach unseren Beobachtungen. Eine quadratische Formel für S stimmt nicht gut, daher die graphische Interpolation beibehalten ist. Beobachtet wurde zwischen 15° und 100° in mehreren Reihen. Diese Ameisensäure ist die einzige Flüssigkeit, bei welcher anfangs S sich weniger stark verändert als das spec. Gewicht. Da jedoch die Beobachtungen erst bei 15° begannen, 0° und 10° also blofs nach dem Gange der Curve genommen sind, so ist diese Eigenthümlichkeit noch sehr zweifelhaft.

XV. Schwefelsäure von 1,840 spec. Gew.

1) Relative Werthe.

t° C.	Spec. Gew.	S .	C .	M .
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
10	0,9945	0,9807	0,9903	0,9849
20	888	591	793	684
30	831	353	671	508
40	772	093	536	318
50	718	0,8810	386	122
60	665	505	222	0,8913
70	614	178	043	694
80	561	0,7828	0,8848	459
90	506	455	634	208
100	447	061	403	0,7938

2) Absolute Werthe.

0	1,840	8,40	4,10	731
25	713	7,96	3,99	702
50	788	7,40	85	667
75	764	6,72	67	627
100	738	5,93	44	581

Durch ein Versehen wurde das specifische Gewicht nicht bestimmt, es konnte jedoch nicht viel von dem in der Tabelle angenommenen verschieden seyn. Die Veränderungen desselben sind dem der Säure von 1,836 nach Muncke gleichgesetzt. Also ist alles, was von dem spec. Gewichte abhängt, noch etwas unsicher. In der Tabelle in Erdmann's Journ., a. a. O., S. 427, steht noch 1,80 für 1,84; S. 428, steht es richtig.

Die Beobachtungen gehen von 12° bis 90°, was bei der Würdigung der Angaben für die sehr hohen und niederen Temperaturen wohl zu berücksichtigen ist. Sie führen auf die Formel:

$$S = 1,0000 - 0,0018195 t - 0,00001120 t^2.$$

Die concentrirte Schwefelsäure hatte, ungeachtet ihrer Veränderlichkeit an der Luft, einen ziemlich regelmäßigen Gang, sobald man es nicht versäumte sie in der Röhre häufig zu bewegen. Auch bei der verdünnten Säure nahm die Synaphie in der Regel auf gewöhnliche Weise ab und zu, und zwar mit einer Intensität, welche zwischen derjenigen des Wassers und der concentrirten Säure steht. Aber zuweilen trat eine Störung ein. Statt abzunehmen stieg S bei steigender Temperatur, und nahm, was am seltsamsten war, bei fallender Temperatur wieder ab, ohne daß eine bedeutende Aenderung eingetreten wäre. Aber die Temperaturen, bei denen diese Umkehrungen stattfanden, waren in verschiedenen Versuchen sehr ungleich, so daß die regelmäßige Wirkung der Erwärmung offenbar nur in einer Abnahme der Synaphie bestand, während das Ansteigen von einer fremden Ursache, also einer Störung, herührte. Ich werde auf die Ursache dieser Anomalie, die sich auch am Kali findet, und in geringerem Grade an Weingeist und ähnlichen *chemisch* nicht homogenen Flüssigkeiten, später zurückkommen. Am stärksten und störendsten ist sie beim Quecksilber.

XVI. Chlorzink von etwa 1,363 spec. Gew.

1) Relative Werthe.

t° C.	Spec. Gew.	S .	C .	M .
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
40	0,9767	0,9124	0,9552	0,9325
50	704	0,8905	436	158
60	407	686	320	0,8984
70	574	467	202	809
80	506	248	082	633
90	437	029	0,8960	456

2) Absolute Werthe.

t° C.	Spec. Gew.	<i>S.</i>	<i>C.</i>	<i>M.</i>
0	1,3638	10,06	4,48	593
50	323	8 96	23	543
75	300	8 41	10	517

Das Chlorzink wurde nur gelegentlich, und nur zwischen 40° und 85° bestimmt, weil ich es anwendete, um das Quecksilber in den Versuchen über den Einfluss der Temperatur auf seine Höhe in Röhren vor dem Einflusse der Luft zu schützen. Auch die Veränderung des specifischen Gewichts ist von uns beobachtet. Der Werth von 0° ist bloß unter der Voraussetzung einer der Temperatur proportionalen Veränderung berechnet, und daher unsicher, weil man weit über die Gränzen der Beobachtung hinausgehen mußte. Indessen wollte ich doch, der Gleichförmigkeit der Tabellen wegen, die Werthe von 0° nicht weglassen.

$$S = 1,0000 - 0,002190 t.$$

XVII. Kalilösung von 1,274 spec. Gew.

1) Relative Werthe.

t° C.	Spec. Gew.	<i>S.</i>	<i>C.</i>	<i>M.</i>
0	1,0000	1,000	1,000	1,000
10	0,9958	0,955	0,977	0,973
20	915	09	53	45
30	872	0,867	31	19
40	828	35	14	0,898
50	783	10	00	80
60	738	0,791	0,889	66
70	691	74	79	53
80	644	57	70	39
90	597	40	60	25
100	549	25	51	12

2) Absolute Werthe.

0	1,274	7,70	3,92	485
25	60	6,83	70	452
50	46	24	53	427
75	31	89	43	410
100	16	58	34	394

Die Veränderung des specifischen Gewichts ist von mir bestimmt. Die Beobachtungen sind bei 12° bis 97° angestellt, und würden ziemlich gut mit der Formel

$$S = 1,0000 - 0,0004776 t + 0,00000218 t^2$$

stimmen, wenn sie nicht in höherer Temperatur eine zu starke Veränderung gäbe. Ich habe daher die graphische Interpolation beibehalten, wie schon in Erdmann's J, a. a. O., S. 428. Jedenfalls ist die Curve nach der Abscissen-Linie convexer als sonst selten vorkommt. Sie nähert sich einem Paar gegen 50° zusammentreffender hyperbolischer Arme, die bei großer und kleiner Temperatur allmählig in eine gerade Linie übergehen. Man wird dabei an die Anomalie bei der Auflöslichkeit mehrerer Salze erinnert, wobei, wie man jetzt wohl mit Sicherheit annehmen kann, allezeit ein chemischer Proceß stattfindet, nämlich die Ausscheidung von chemisch gebundenem Wasser, d. h. die Verwandlung von chemisch verbundenem in bloß beigemischtes — cohesiv verbundenes — Wasser.

XVIII. S c h w e f e l.

1) Relative Werthe.

t° C.	Spec. Gew.	S.	C.	M.
100	1,000	1,000	1,000	1,000
110	993	0,925	0,962	0,955
120	87	0,862	28	16
130	81	10	00	0,883
140	75	0,769	77	55
150	70	38	59	34
160	65	19	48	19

2) Absolute Werthe.

100	1,980	4,61	3,04	583
125	948	3,85	2,77	524
150	921	3,40	2,61	486

Die Aenderung des specifischen Gewichts ist nach einigen, freilich nur sehr beiläufigen Beobachtungen von Despretz berechnet. Ueber die Veränderung der Synaphie hat schon S o n d h a u f s in seiner Abhandlung einige Ver-

suche mitgetheilt. Die Tabelle ist nach meinen und Hil-
debrand's Beobachtungen zwischen 114° und 154° be-
rechnet:

$$S = 1,0000 - 0,0080080 t + 0,00005556 t^2,$$

wenn, wie in der Tabelle, die Werthe bis $100^{\circ} = 1$ ge-
setzt werden. Eine Formel nach $S = 1,0000 - A t$ würde zu
große Abweichungen geben. Die mittlere Veränderung zwi-
schen 114° und 154° ist:

$$S = 1,0000 - 0,004350 t$$

und bei $100^{\circ} = 4,37$.

Der Schwefel floß sehr leicht; die kleinste, am Ther-
mometer gemessene Erwärmung oder Erkältung gab auch
eine Veränderung in dem Werthe von S , aber dennoch
sind die Beobachtungsfehler stärker als bei andern leicht
fließenden Körpern, und die Höhe des Meniscus ist so
niedrig, daß die concave Wölbung die Wände der Röhre
vielleicht nicht tangirt, und in Glasröhren man nicht sowohl
die Synaphie des Schwefels an sich, als die Verbindung
desselben mit der Prosaphie zum Glase gemessen hat.

Uebersicht über die Tabellen.

Einige Hauptpunkte aus den Tabellen sind in der fol-
genden zusammengestellt. Bei den mit einem Sternchen be-
zeichneten Körpern ist entweder 0° oder 100° , oder beide
beträchtlich von den beobachteten Temperaturen entfernt
geblieben. Die Anordnung ist nach der Größe von S ge-
troffen.

	Spec. Gewicht.		Synaphie.		Modulus.	
	0° .	Verhält- nifs bei 100°	0° .	Verhält- nifs bei 100°	0° .	Verhält- nifs bei 100°
Wasser	1,000	0,958	15,37	0,811	537	0,863
Ameisensäure . . .	044	940	10,20	871	437	877
— —	105	927	20	900	481	880
Chlorzink *	363	937	06	781	593	826
Essigsäure	052	931	8,51	886	421	876
Schwefelsäure . . .	840	945	8,40	706	715	794
Kalllösung	274	935	7,70	725	485	822

	Spec. Gewicht.		Synaphie.		Modulus.	
	0°.	Verhältniß bei 100°	0°.	Verhältniß bei 100°	0°.	Verhältniß bei 100°
Weingeist *	0,967	930	7,27	834	357	800
Citronenöl	838	911	7,10	732	306	801
Petroleum	847	906	6,95	775	306	797
Citronenöl	880	909	6,88	759	311	792
Terpenthinöl	890	911	6,70	762	306	801
Weingeist *	927	908	6,40	812	322	816
Alkohol *	821	893	6,05	724	278	700
Aether *	737	836	5,40	532	235	614
Schwefelkohlenst. *	1,290	878	5,10	802	399	787

Der *Essigäther* ist wegen seines unsicheren Ganges weggelassen. Die Synaphie nimmt daher immer ab, wenn die Temperatur steigt, und zwar in einem weit stärkeren Verhältnisse wie das specifische Gewicht. Dasselbe gilt auch von dem Modulus, dessen Verhältnißzahl, den Schwefelkohlenstoff ausgenommen, zwischen denen der Synaphie und des specifischen Gewichts steht.

Zwischen den Veränderungen, welche die Erwärmung in dem specifischen Gewichte und der Synaphie hervorbringt, und den absoluten Werthen derselben bei 0°, ist kein Zusammenhang zu erkennen.

Der Zusammenhang der statischen und der dynamischen Erscheinungen der Synaphie.

So ausgedehnt jene sind, die letzten sind es in noch höherem Grade. Sie treten überall auf, wo sich Flüssigkeiten bewegen, in dem Bette eines Stromes, wie in dem mikroskopischen Kanäle einer organischen Membran. Je kleiner die Geschwindigkeit ist, desto mehr treten die Resultate der Synaphie aus denen der gewöhnlichen Hydrostatik hervor. Dieses ist der Fall bei dem Absetzen von Schlamm oder chemischen Präcipitaten, bei dem Ausfließen aus sehr engen Kanälen, bei den Oscillationen eines festen Körpers innerhalb eines flüssigen, bei der Fortpflanzung der Wellen u. a. m. Einige dieser Bewegungen lassen eine genaue Messung zu, am meisten sind dazu die engen Röh-

ren benutzt worden. Die genauesten Resultate über den Einfluß der Temperatur und der chemischen Beschaffenheit auf diese Bewegungen würde man wahrscheinlich bei der Anwendung poröser Platten von Thon erlangen, bei denen der Einfluß der Schwere fast gänzlich beseitigt ist, und Temperatur und Druck genau bestimmt werden können. Ich bin mit den Vorbereitungen zu solchen Versuchen beschäftigt, und hoffe die Resultate in einiger Zeit bekannt machen zu können.

Die bei der Abfassung meiner Cohäsionslehre 1834 bekannt gewesenen Beobachtungen hatte ich berechnet, und was sich mit einiger Wahrscheinlichkeit daraus ableiten liefs a. a. O., S. 205 bis 230 mitgetheilt ¹⁾. Zwischen den dynamischen und den statischen Erscheinungen der Synaphie hatte sich in sofern eine Uebereinstimmung ergeben, als auch dort ein wesentlicher Unterschied zwischen den benetzten und unbenetzten Körpern stattfand. Bei jenen ist die Beschaffenheit des Körpers ohne Einfluß; Kupfer wirkt wie Glas, die flüssigen Theile gleiten also nur über die an dem festen Körper haftende, übrigens als unmerklich dünn anzusehende Schicht hin, nicht über ihn selbst.

Das Wasser, das von allen bis jetzt untersuchten Flüssigkeiten am höchsten in Capillarröhren aufsteigt, läuft am schnellsten durch enge Röhren. Eine kleine Abweichung, die, nach Girard's Beobachtungen, an der Salpeterlösung stattfinden soll, konnte, da sie nur einmal angestellt und entschieden mit grofsen Fehlern behaftet sind, füglich übersehen werden. Verdünntere Flüssigkeiten fliefsen im Allgemeinen schneller aus, und Terpenthinöl und Weingeist von 0,87, bei Girard, und Aether nach beiläufigen, von mir selbst angestellten Untersuchungen, hatten eine Geschwindigkeit, welche den Capillarständen nahe pro-

1) Nur die Beobachtungen Coulomb's über die Oscillation einer in eine Flüssigkeit eingetauchten Scheibe (*Mém. de l'Institut. An. IX, Vol. III*) war mir entgangen. Ich bin erst von Kämtz, der in Verbindung mit Moritz ähnliche Untersuchungen angestellt hat (*Poggend. Ann., 1847, Bd. 70, S. 78*) darauf aufmerksam gemacht worden.

portional war. Ich sprach es daher, aber nur als eine *Möglichkeit*, aus, daß diese Proportionalität wohl allgemein stattfinden könnte ¹⁾).

Die Wärme bringt nun zwar in den beiden Klassen von Synaphie-Erscheinungen sehr ungleichartige Wirkungen hervor. Während die Capillarrhöhe sich von 0° bis 100° um etwa ein Fünftel vermindert, wird die Beweglichkeit innerhalb derselben Gränzen beinahe auf das Fünffache erhöht, also sowohl der Intensität als der Richtung nach auf eine ganz andere Weise modificirt. Während die Veränderung dort der Temperatur beinahe proportional ist, ist sie bei der Ausflusgeschwindigkeit so ungleichförmig, daß 5° C., die in der Nähe von 0° C. um $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{3}$ beschleunigen, es bei 100° nur etwa $\frac{1}{30}$ thun (a. a. O., S. 224). Indessen schien der Einfluß der Temperatur auf die dynamische Synaphie für die verschiedensten Körper so nahezu übereinzustimmen, daß jenes Verhältniß zwischen ihr und der Capillarrhöhe dadurch nicht merklich verändert wurde.

Einige fette Oele und andere wirklich *klebrige* Flüssigkeiten fügten sich zwar dieser Uebereinstimmung nicht, indem eine Temperaturerhöhung von 7°,5 auf 15° C. hinreichte, um die Geschwindigkeit um die Hälfte zu vermehren. Aber dieses ist auch bei sehr kurzen und ziemlich weiten Röhren der Fall, und rührt offenbar nur von der fortschreitenden Auflösung festerer Oeltheile her, die in niedrigeren Temperaturen in dem flüssigen Theile der bekanntlich sehr heterogenen Oele in größerer Menge suspendirt bleiben können, als in höheren Temperaturen.

Aber einige Beobachtungen von Poiseuille (Pogg. Annal., 1843, Bd. 58, S. 424 ff.) zeigen allerdings, daß jene Vermuthung nicht allgemein richtig seyn kann. Er

1) Hr. Brunner, der diese Vermuthung bestreitet, hat hier stillschweigend einen Schreibfehler corrigirt; wie sich nämlich aus meinen Tabellen und dem Zusammenhange ergibt, verhalten sich nicht die Geschwindigkeit, sondern die Zeiten des Ausflusses von Wasser, Weingeist und Terpenthinöl wie 1,00 : 2,44 : 2,26, Zahlen, welche der Capillarrhöhe nahe reciprok sind.

fand, daß von allen Verbindungen von Wasser und Alkohol der Weingeist von 0,93 spec. Gew. bei 10° C. die kleinste Beweglichkeit hat, welche sowohl bei einer Zu- als einer Abnahme des Alkoholgehalts wiederum steigt, während die Capillarrhöhe stets fällt, wenn die Concentration steigt; nämlich:

Alkohol	$s = 32,2$ Mm.	682	Secund.	Ausflußzeit
Weingeist von 0,93	$= 35,8$	-	1732	-
Wasser	$= 80,6$	-	523	-

Der Faden, mit dem die beiden im Principe unstreitig verwandten Erscheinungen der statischen und dynamischen Synaphie verbunden zu seyn scheinen, ist also dadurch zerissen, wenn nicht etwa im Weingeist, der sich übrigens auch in den Haarröhrchen sehr anomal verhält, die *Diffusion* störend eingreift, andere Lösungen aller Art, also auch Weingeist, bei dem Durchgange durch sehr enge Oeffnungen in ihrer Zusammensetzung, und dadurch auch in ihrer Ausflugs- geschwindigkeit eine Veränderung erleiden. Es ist daher noch immer möglich, daß jene Proportionalität zwischen der Ausflugs- geschwindigkeit in sehr engen Röhren und der Capillarrhöhe wenigstens bei den chemisch homogenen Körpern stattfinde. Hoffentlich wird diese Frage bald durch Versuche entschieden werden.

Quecksilber, das die Röhre nicht benetzt, fließt rascher aus als jede andere bis jetzt untersuchte Flüssigkeit, und zwar mit einer von der Temperatur fast unabhängigen Geschwindigkeit.

Der Zusammenhang der Synaphie mit anderen Kräften.

Um diesen zu erkennen müßte die Synaphie von jedem chemisch homogenen Körper eben so gut beobachtet werden, wie es jetzt mit dem specifischen Gewichte geschieht. Aber davon sind wir noch weit entfernt. Die Tabelle, die ich vor vielen Jahren (Cohäsionslehre, S. 77, und mit einigen Körpern vermehrt, Poggend. Ann., 1836, Bd. 37, S. 413) fast durchgängig nach eigenen Beobachtungen gegeben hatte, ist bis jetzt, ungeachtet der sehr großen Anzahl

der seitdem neu entdeckten Körper, nur um einen einzigen Körper, die Chlorstickstoffsäure, vermehrt worden, von der Baudrimont eine Beobachtung gegeben hat, aus der sich die Synaphie ungefähr berechnen liesse. Die Chemiker scheuen jede Messung, als die mit der Waage, und den Physiker stehen die Stoffe selten in gehöriger Reinheit zur Verfügung. Obgleich die Beobachtungen meiner Tabelle eine für die Anforderungen, die man jetzt stellen kann, nur angenäherte Genauigkeit haben und verhältnißmäßig wenig chemisch homogene Körper umfassen, so ist sie bis jetzt noch die einzige Basis, auf welche man sich bei einer Vergleichung der Synaphie mit anderen Naturkräften stützen kann.

Was zuvörderst chemisch nicht homogene Körper betrifft, so enthält sie einige Beobachtungen über Lösungen von Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure und Wasser in verschiedenen Stufen der Concentration. Meine Cohäsionslehre, S. 88, und daraus Poggend. Ann., Bd. 37, S. 418, enthalten darüber eine Gleichung, welche, in die Terminologie dieser Abhandlung übersetzt, lauten würde:

$$C = A(P - 1);$$

P das specifische Gewicht, A eine von der Concentration unabhängige Constante. Buys-Ballot, Poggend. Ann., 1847, Bd. 71, S. 192, nennt diese Formel fehlerhaft, und mit vollem Rechte. Sie ist nicht nur fehlerhaft, sondern unmöglich, indem nach ihr die Gröfse C , welche bei dem Wasser nach den Tabellen $= 5,544$ ist, d. h. beinahe der höchste Werth, den überhaupt ein Körper für C hat, $= 0$ seyn würde. Es muß natürlich

$$C - B = A(P - 1)$$

heissen, wo B der dem Wasser entsprechende Werth von C ist. In diesem Falle stimmen die Beobachtungen an den oben genannten Lösungen beinahe mit der Formel überein, die in der That nichts weiter besagt, als dafs die Veränderungen in C den Veränderungen des specifischen Gewichts proportional seyen, oder, was für eine blofse Annäherung damit übereinstimmt, dafs sie der Menge des aufgelösten Körpers proportional werden.

Buys-Ballot giebt eine andere Formel, wobei er diese Proportionalität für S selbst, d. h. die reducirte Capillarröhe, in Anspruch nimmt, und weist die Uebereinstimmung meiner Tabelle mit seiner Formel für Schwefel-, Salpeter- und Salzsäure nach. Die Uebereinstimmung würde bei einer geringen Abänderung der Constante der Formel sogar noch größer seyn. Indessen kann dieses bei der Größe der Abweichungen zwischen Beobachtung und Rechnung durch sehr verschiedene Formeln erlangt werden, und man wird, wie ich glaube, um über die Formel zu entscheiden, neue Beobachtungen abwarten müssen. Uebrigens findet die Formel, wenigstens in dieser einfachen Gestalt, keine Anwendungen auf verdünnten Weingeist, Ameisensäure und Essigsäure, bei denen die molecularen Veränderungen des Volumens gegen diejenigen, welche das Volumen durch die Verdünnung selbst erleidet, nicht vernachlässigt werden dürfen.

Die folgende Tabelle enthält die bis jetzt bekannten Werthe des reducirten Standes in Haarröhrchen S und des Modulus M aller chemisch homogenen Körper, also mit Ausschluss der Lösungen, bei der Temperatur von 25° C. Sie sind aus den früher angegebenen Gründen fast ohne Ausnahme nur als Annäherungen anzusehen.

In den chemischen Formeln ist $H=1$, $N=14$, $C=12$, $S=32$, $P=32$, $Cl=35,5$, $O=16$ genommen. Das Mischungsgewicht ist dem specifischen Gewichte des Gases proportional gesetzt.

	Formel.	Misch. Gew.	Spec. Gew.	S .	M .
Wasser	$\frac{1}{2}H^2O$	9	0,997	14,67	524
Terpenthinöl	H^8C^3	68	0,871	6,33	300
Citronenöl	H^8C^3	68	0,820	6,63	289
Steinöl	—	—	0,827	6,52	290
Nelkenöl	—	—	1,030	6,69	353
Eupion	$H^{12}C^5 ?$	—	0,655	5,7	220
Alkohol	$\frac{1}{2}H^6C^2O^1$	23	0,800	5,73	263
Aether	$\frac{1}{2}H^{10}C^4O^1$	37	0,716	4,77	213
Oxaläther	$H^8C^4O^2$	73	1,093	6,05	369
Essigäther	$H^8C^4O^3$	88	0,749	5,61	288
Benzin	H^8C^3	39	0,840	6,60	296

	Formel.	Misch. Gew.	Spec. Gew.	<i>S.</i>	<i>M.</i>
Schwefelkohlenstoff . .	$\frac{1}{2} \text{CS}^2$	38	1,253	4,84	378
Phosphorchlorür	$\frac{1}{2} \text{Cl}^3 \text{P}$	69 $\frac{1}{4}$	1,45	3,75	385
Schwefelchlorür	ClS	67 $\frac{1}{2}$	1,687	4,95	515
Arsenchlorür	$\frac{1}{2} \text{Cl}^3 \text{As}$	90 $\frac{3}{4}$	2,18	4,07	606
Zinnchlorid	$\frac{1}{2} \text{Cl}^4 \text{Sn}$	130	—	2,50	
Chlorstickstoff	$\frac{1}{8} \text{Cl}^4 \text{N}^2 \text{O}^3$	36 $\frac{1}{2}$	1,34	3,9	370
Brom		80	3,0	4,5	870
Schwefel		—	2,14	5,8	670
Quecksilber		100	13,59	4,6	3990

Von diesen Beobachtungen ist die des *Eupions* nach Reichenbach; ich habe es, obgleich es kein chemisch einfacher Körper ist, wegen seines geringen specifischen Gewichtes, so wie das *Nelkenöl*, wegen seines sehr hohen aufgenommen. Die *Chlorstickstoffsäure* ist nach Baudrimont's Angaben berechnet, alle diese haben offenbar nur eine Annäherung. Dasselbe gilt, und in noch höherem Maafse, von den drei letzten Körpern. Das *Quecksilber* ist nach einigen Versuchen Guyton Morveau's mit Adhäsionsplatten von Metallen, die vom Quecksilber benetzt wurden. Sie gaben daher wahrscheinlich einen zu hohen Werth für *S* oder *M*. Der *Schwefel* konnte natürlich nur nach einer annähernden Reduction aufgenommen werden.

Wenn man die Körper nach der Gesamtheit ihrer Eigenschaften gruppirt, so hat das specifische oder Mischungsgewicht offenbar einen nur untergeordneten Einfluß; einander chemisch und physisch sehr nahe stehende Körper sind in diesen Beziehungen oft weit von einander getrennt. In diesem Sinn nun kann man von den beiden in der Tabelle enthaltenen Functionen der Synaphie den Werth *S* als inniger mit der Natur des Körpers verbunden ansehen als *M*, und dieses nun als Function dieser Grundeigenschaft mit dem specifischen Gewicht. Unter übrigens gleichen Umständen steigt und fällt *M* mit dem specifischen Gewicht.

Der Werth *S* ist auch in sehr geringem Maafse von dem *Mischungs-* oder specifischen *Volumen* abhängig. Die von mir untersuchten Kohlenwasserstoffverbindungen enthielten nur kleine Beimengungen isomerer Stoffe, und hät-

ten also, wenn, bei gleicher elementarer Zusammensetzung, die Art der Verbindung einen beträchtlichen Einfluss übte, große Verschiedenheiten zeigen müssen. Dieses war jedoch der Fall nicht. Es verhält sich mit der Synaphie wie mit dem specifischen Gewichte, das ebenfalls — einige Metalloxyde ausgenommen — bei isomeren Körpern nur um einige Hunderttheile verschieden wird.

Dagegen zeigt sich der Einfluss der elementaren Zusammensetzung in der sehr hohen Synaphie des *Wassers*. Keiner der untersuchten chemisch homogenen Körper erreicht auch nur die Hälfte des Werthes für *S*; nur Lösungen bilden einen Uebergang zwischen dem Wasser und den übrigen Körpern. Von diesen scheinen wieder die Metalle und ihre Verbindungen die kleinste Synaphie zu haben. Ein Gegensatz zwischen Wasser und Metallen ist nicht denkbar. Vielleicht verdankt das Wasser die so ungewöhnlich hohe Synaphie seinem *Sauerstoffgehalte*.

Zwischen Synaphie und *Elasticität* sollte man eine nahe Beziehung erwarten. Sie bezeichnen, wie man glauben sollte, verschiedene Richtungen derselben inneren Kraft. Die Beobachtungen über die Compressibilität flüssiger Körper scheinen jedoch dieser Erwartung nicht zu entsprechen.

Die Synaphie, welche unter den Cohäsionserscheinungen ganz isolirt ist, scheint dafür in einer gewissen Beziehung zur Lichtbrechung zu stehen. Cohäsionslehre, S. 91, gab ich eine kleine Tabelle über die Werthe von $n^2 - 1$ (n das Brechungsverhältniß) und die Function der Synaphie, welche ich in dieser Abhandlung *C* genannt habe. Das Product beider, also $(n^2 - 1)C$, war für Wasser, einige wässrige Lösungen und Oele noch übereinstimmend, für Alkohol, Aether und Schwefelwasserstoff jedoch beträchtlich größer oder kleiner, für Aether sogar nur halb so groß wie für den Schwefelkohlenstoff. Die Brechkraft scheint also im Allgemeinen zu steigen, wenn die Synaphie sinkt. Dafs die lichtbrechende Kraft mit dem Steigen der Temperatur eben sowohl sinkt als wie die Synaphie, würde kein Einwand gegen jene Regel seyn, da sie,

wie sich von selbst versteht, nur für gleiche Temperaturen gelten könnte. Indessen ging schon aus meinen eigenen Angaben hervor, daß wenn die Regel sich bewähren sollte, dieses nur bei der Anwendung einer bei einigen Flüssigkeiten beträchtlich werdenden Correction möglich seyn würde, und ich lehnte daher jede weitere Verfolgung der Sache ab, »so lange jener Gegensatz von Licht und Synaphie nicht besser erwiesen ist, als ich es bis jetzt vermochte.« Ich würde auch diese ganze Sache, die wohl in ein umfangreiches Werk, aber nicht in eine einzelne Abhandlung gehörte, hier gar nicht erwähnt haben, wenn nicht die Art, mit der Hr. Brunner (Poggend. Ann., Bd. 70, S. 524) davon spricht, die Meinung erregen müßte, daß ich einer Vermuthung, deren schwache Seite ich selbst dargelegt habe, mehr Bedeutung beigelegt hätte, als sie verdient. Um über diese und ähnliche Fragen zu entscheiden, müßten parallele Versuche über die optischen und cohäsiven Eigenschaften vieler chemisch reinen Flüssigkeiten angestellt werden, die dem Physiker nur an wenig Orten zu Gebote stehen.

In meiner Cohäsionslehre, S. 276, habe ich darauf aufmerksam gemacht, daß die flüssigen und festen Körper, als solche, in der Gröfse der Elasticität gar nicht sehr von einander verschieden sind. Die Massen können freilich nicht in die Länge gezogen oder gekrümmt werden, aber wenn man die Elasticität überall auf die einem allseitig gleichen Drucke widerstehende Kraft reducirt, so findet sie sich z. B. bei dem Quecksilber zwischen der des Zinns und Bleies stehend, und beim Holze, perpendicular auf die Fasern reducirt, ist sie kleiner als bei den meisten Flüssigkeiten. In der specifischen Spannkraft, d. h. dem Modulus der Elasticität durch das specifische Gewicht dividirt, kreuzen sich die Reihen der flüssigen und festen Körper noch mehr; das Blei steht tiefer als die meisten Flüssigkeiten, und das Gold unter der Ammoniaklösung. Leider ist die Elasticität des Eises noch nicht genau bekannt; auf keinen Fall ist sie der des Wassers so weit überlegen, daß dadurch die alte, in den Lehrbüchern immer noch wiederholte An-

gabe bestätigt würde, daß der Unterschied der festen und flüssigen Körper in der *Größe* der Cohäsion bestehe.

Eine der Festigkeit, dem Widerstande gegen trennende Kräfte, entsprechende Erscheinung läßt sich bei Flüssigkeiten nur unter wenigen Umständen nachweisen. Was man für Zerreißen hält, z. B. bei Adhäsionsplatten, ist beinahe nur ein Verschieben der Theile, eine Aenderung ihrer Gestalt. Die Flüssigkeiten sind zwar im höchsten Grade *geschmeidig*, aber sie besitzen eine beträchtliche Festigkeit. Zwei durch eine sehr dünne flüssige Schicht von einander getrennte Platten bedürfen bekanntlich einer sehr großen Kraft zur Trennung, und nicht selten bricht dabei ein Splitter ab, ein Beweis, daß unter gewissen Umständen die Theile der festen Körper keine größere Anziehungskraft besitzen als die Theile der Flüssigkeit gegen einander oder zu denen der festen Körper. Daß Adhäsionsplatten keinen Maassstab für die Kraft darbieten können, mit denen die flüssigen Theile an einander hängen, geht auch schon aus dem Versuche von Huygens am Barometer hervor, wobei eine 2 Meter lange Quecksilbersäule, d. h. anderthalb Atmosphären über den Luftdruck, nicht hinreichten, das Quecksilber von der inneren Kuppe der Röhre abzureißen, wenn die Seitenwände der Röhre ein Zusammenziehen der Säule nicht gestatteten (s. a. a. O. S. 117). Aehnliches hat neuerlich Donny bei benetzbaren Flüssigkeiten, nur freilich in weit geringerer Stärke, nachgewiesen. Daß diese Kraft der Cohärenz, ungeachtet ihrer Intensität gar keine Rolle bei den der Synaphie angehörigen Erscheinungen spielt, rührt davon her, daß hier die Theile entweder gar nicht von einander getrennt werden, oder nur in einer als unendlich klein anzunehmenden Fläche.

Nach den i. J. 1834 bekannten Beobachtungen habe ich wahrscheinlich zu machen gesucht (a. a. O. S. 492), und die neueren Untersuchungen haben darin nichts geändert, daß die Cohärenz der festen Körper auf gleiche Bruchflächen reducirt, und dadurch unabhängig gemacht von der durch die Beobachtungsweise modificirten Geschwindigkeit,

dieselbe Reihenfolge, ja beinahe dasselbe Verhältniß beobachten, wie die Spannkräfte. Es giebt keine Erscheinung, welche diesen Satz auch für flüssige Körper bewiese, aber auch keine, welche ihm widerspräche.

Zwischen flüssigen und festen Körpern besteht der Unterschied also nicht in der Größe der Elasticität, wahrscheinlich auch nicht in der Kraft, mit der sie der Trennung der Theile widerstehen, sondern bloß in der Verschiebbarkeit der Theile. Diese Verschiebbarkeit ist nach meiner Meinung das Resultat der Gleichheit der Anziehungs- oder Molecularkraft nach allen Richtungen. Auf der Ungleichheit dieser Kraft, auf ihrer Abhängigkeit von der Richtung im Körper beruht die Krystallisationskraft, und dadurch auch die Structur, die Form und die Festigkeit der starren Körper. Die wesentliche Eigenschaft der starren Körper ist die Abhängigkeit dieser Kraft von der Richtung, die wesentliche Eigenschaft der flüssigen, die Unabhängigkeit derselben. In strengem Sinne genommen, giebt es keine andern amorphen Körper als die flüssigen und gasförmigen, alle starren Körper sind auch krystallinisch. Diese Anschauung von dem Charakter der Aggregatzustände bildet die Grundlage meiner ganzen Cohäsionslehre, und obgleich vielfach angegriffen, erscheint sie mir noch jetzt in demselben Lichte. Ich werde sehr bald Gelegenheit haben auf diesen Gegenstand zurückzukommen.



II. Untersuchungen über das specifische Gewicht, die Ausdehnung durch die Wärme und den Siedpunkt einiger Flüssigkeiten;

von Hermann Kopp.

(Schluss von Seite 62.)

Fuselalkohol (Kartoffelfuselöl; Amyloxydhydrat; $C_{10}H_{12}O_2$).

54) **F**uselalkohol, welcher schon einmal derselben Reinigungsmethode unterworfen worden war, wurde nochmals wiederholt mit Wasser gewaschen und dann destillirt; es wurde besonders aufgefangen, was überging, als ein mit der Kugel in der Flüssigkeit befindliches Thermometer sehr constant zwischen $131^{\circ},8$ und $132^{\circ},2$ schwankte, mit der Kugel im Dampf zeigte das Thermometer $131^{\circ},3$ (diese Temperaturbestimmungen sind unmittelbar, weder für herausragende Röhre noch für den B.St. corrigirte). Von 0,3570 dieses Destillats erhielt ich bei der Analyse 0,8857 Kohlensäure und 0,4390 Wasser, das ist:

	Gefunden.	Berechnet nach $C_{10}H_{12}O_2$.
Kohlenstoff	67,67	68,18
Wasserstoff	13,66	13,64
Sauerstoff	18,67	18,18.

55) Die Siedepunktsbestimmung machte ich erst über ein halbes Jahr später, während welcher Zeit die Flüssigkeit in einem zugeschmolzenen Glaskolben aufbewahrt worden war. Es zeigte Thermometer 6:

		Corr. f. d. Scale.	Reduc. auf 760 ^{mm} B.St.
mit der Kugel in der Flüssigkeit			
zuerst	128 ^o ,0	129 ^o ,9	130 ^o ,6
langsam steigend bis	128,8	130,7	131,4
wo eben noch die Kugel mit Flüssigkeit bedeckt war;			
mit der Kugel halb im Dampf	128,7	130,6	131,3
mit der Kugel ganz im Dampf, vollkommen constant	128,5	130,4	131,1

Der (corr.) B.St. bei diesen Beobachtungen war 742^{mm},3.

Ich muß 131°,1 als den Siedepunkt des Fuselalkohols für 760^{mm} B.St. betrachten, wie er aus diesen, mit aller Sorgfalt angestellten, Beobachtungen folgt. Aber dieses Resultat stimmt wenig mit denjenigen, welche ich bei der Rectification (vergl. 54) und in früheren Versuchen mit reinem Fuselalkohol gefunden hatte, und mit den von andern Beobachtern erlangten. Es beobachteten:

		(uncorr.) B. St.		Reducirt auf 760 ^{mm} B. St.
Cahours	132°	760 ^{mm}		132°
Kopp (früher)	133	751	(Platin zugegen)	133 ,3
Rieckher	134	?		

Bei allen diesen Bestimmungen tauchte die Thermometerkugel in die Flüssigkeit, aber bei keiner derselben ist die Correction für die herausragende Thermometerröhre vorgenommen, die bei einem so hoch liegenden Siedpunkt (ist anders das Thermometer nicht sehr klein) jedenfalls bedeutend ist.

56) Die Ausdehnung des Fuselalkohols habe ich in zwei Versuchsreihen bestimmt.

Erste Versuchsreihe. Thermometer 6 und Dilatometer F.

No.	Temp.	Scheinb. Volum.		No.	Temp.	Scheinb. Volum.	
1	11°,6	3703,9		8	54°,6	3854,8	—
2	16 ,2	3719,1		9	55 ,6	3857,8	+
3	18 ,6	3726,9		10	76 ,4	3942,7	—
4	21 ,6	3736,6		11	77 ,2	3945,1	+
5	39 ,0	3795,8	—	12	77 ,9	3949,5	—
6	47 ,5	3828,2	—	13	78 ,7	3952,7	+
7	49 ,3	3834,0	+	14	81 ,5	3964,6	+

Mit einer kleineren Quantität Fuselalkohol wurde weiter beobachtet:

15	78°,9	3749,1	—	19	118°,1	3934,4	—
16	83 ,8	3770,5	—	20	120 ,4	3946,2	+
17	85 ,1	3774,8	+	21	120 ,6	3947,8	—
18	86 ,0	3778,0	+	22	123 ,8	3965,7	+

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 4, aus 5 bis 9, aus 10 bis

bis 14; und aus den Combinationen 15 und 19, 16 und 21, 17 und 20 und 18 und 22, so findet man für das scheinbare Volum des Fuselalkohols in Dilatometer *F* die Formel:

$$V = 3666,4 + 3,2017 t + 0,0015547 t^2 + 0,000050162 t^3$$

oder das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00087326 t + 0,00000042404 t^2 + 0,000000013682 t^3 \quad (1)$$

$$(Lgg. \quad 0,94114 - 4 \quad 0,62741 - 7 \quad 0,13614 - 8)$$

Die Resultate dieser Formel, in gleicher Weise wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beobacht.	berechn.			beobacht.	berechn.
1	11°,6	1,01023		8	54°,6	1,05139	—
2	16,2	1,01437		9	55,6	1,05220	+
3	18,6	1,01650		10	76,4	1,07536	—
4	21,6	1,01915		11	77,2	1,07601	+
5	39,0	1,03529	—	12	77,9	1,07721	—
6	47,5	1,04413	—	13	78,7	1,07809	+
7	49,3	1,04571	+	14	81,5	1,08133	+

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.	bei	wie	zu	
			beobacht.	berechn.
15 (—) und 19 (—)	78°,9 und 118°,1	1,07826	1,13155	1,13158
16 (—) - 21 (—)	83,8 - 120,6	1,08421	1,13519	1,13548
17 (+) - 20 (+)	85,1 - 120,4	1,08581	1,13511	1,13517
18 (+) - 22 (+)	86,0 - 123,8	1,08694	1,14094	1,14057

57) *Zweite Versuchsreihe.* Thermometer 8 und Dilatometer *G*:

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
1	16°,4	3907,3	7	54°,5	4049,3
2	18,8	3915,2	8	55,6	4053,2
3	21,5	3925,3	9	78,5	4152,4
4	22,6	3928,7	10	79,7	4156,9
5	47,1	4020,3	11	82,2	4169,6
6	50,9	4034,3	12	83,6	4175,4

Mit einer kleineren Quantität Fuselalkohol wurde weiter beobachtet:

No.	Temp.	Scheinb. Vol.		No.	Temp.	Scheinb. Vol.	
13	86°,0	3926,5	—	17	123°,9	4118,9	—
14	89,9	3942,2	+	18	124,8	4123,8	+
15	92,6	3956,7	—	19	128,8	4147,2	—
16	93,2	3958,3	+	20	130,9	4158,9	+

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 4, aus 5 bis 8, aus 9 bis 12, und aus den Combinationen 13 und 17, 14 und 18, 15 und 19 und 16 und 20, so findet man für das scheinbare Volum des Fuselalkohols im Dilatometer *G* die Formel:

$$V = 3850,3 + 3,4356 t + 0,000973 t^2 + 0,000053420 t^3$$

oder das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00089230 t + 0,00000025271 t^2 + 0,000000013874 t^3 \quad (2)$$

(Lgg. 0,95051 — 4 0,40262 — 7 0,14221 — 8).

Die Resultate dieser Formel, in gleicher Weise wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beob.	berechn.			beob.	berechn.
1	16°,4	1,01480	1,01476	7	54°,5	1,05168	1,05163
2	18,8	1,01686	1,01696	8	55,6	1,05270	1,05277
3	21,5	1,01948	1,01944	9	78,5	1,07846	1,07831
4	22,6	1,02036	1,02046	10	79,7	1,07963	1,07975
5	47,1	1,04415	1,04404	11	82,2	1,08293	1,08277
6	50,9	1,04779	1,04790	12	83,6	1,08443	1,08448

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.	bei	wie	zu	
			beobacht.	berechn.
13 (—) und 17 (—)	86°,0 und 123°,9	1,08743	1,14072	1,14082
14 (+) - 18 (+)	89,9 - 124,8	1,09234	1,14266	1,14227
15 (—) - 19 (—)	92,6 - 128,8	1,09582	1,14858	1,14876
16 (+) - 20 (+)	93,2 - 130,9	1,09659	1,15216	1,15225

58) Die Formel 1) giebt, corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers *F*, für das wahre Volum des Fuselalkohols die Formel:

$$V = 1 + 0,00089707 t + 0,00000044483 t^2 + 0,000000013692 t^3 \quad (1)$$

(Lgg. 0,95282 — 4 0,64819 — 7 0,13646 — 8).

und die Formel 2, corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers *G*:

$$V = 1 + 0,00091678 t + 0,00000027456 t^2 + 0,000000013880 t^3 \quad (\text{II})$$

(Lgg. 0,96226 — 4 0,43864 — 7 0,14239 — 8)

Das Mittel aus beiden ist:

$$V = 1 + 0,00090692 t + 0,00000035970 t^2 + 0,000000013786 t^3 \quad (\text{III})$$

(Lgg. 0,95757 — 4 0,55594 — 7 0,13944 — 8).

Folgende Tabelle giebt die Endresultate beider Versuchsreihen, und das aus ihnen im Mittel folgende wahre Volum für den Fuselalkohol:

Temperat.	VVahres Volum.			Temperat.	VVahres Volum.		
	I.	II.	III(Mittel)		I.	II.	III (Mitt.)
0°	1,00000	1,00000	1,00000	70°	1,06968	1,07028	1,06998
5	1,00449	1,00459	1,00454	75	1,07556	1,07616	1,07586
10	1,00902	1,00921	1,00911	80	1,08163	1,08221	1,08192
15	1,01361	1,01386	1,01373	85	1,08787	1,08843	1,08815
20	1,01823	1,01856	1,01840	90	1,09431	1,09485	1,09458
25	1,02292	1,02331	1,02311	95	1,10097	1,10147	1,10122
30	1,02768	1,02812	1,02790	100	1,10785	1,10831	1,10808
35	1,03253	1,03303	1,03278	105	1,11494	1,11536	1,11515
40	1,03747	1,03800	1,03773	110	1,12228	1,12263	1,12245
45	1,04252	1,04308	1,04280	115	1,12986	1,13017	1,13001
50	1,04767	1,04827	1,04797	120	1,13772	1,13794	1,13783
55	1,05297	1,05356	1,05327	125	1,14582	1,14597	1,14589
60	1,05838	1,05900	1,05869	130	1,15422	1,15431	1,15426
65	1,06395	1,06456	1,06425	135	1,16290	1,16291	1,16290

59) Das specifische Gewicht des Fuselalkohols fand ich (vergl. 26):

mit App. II nach älter. Bestimm. 0,8127 für 16°,4; d. i. red.: 0,8242 für 0°
 - - - - neuer. - 0,8145 - - - - 0,8260 - -
 - - III 0,8144 - 15°,9 - - - 0,8256 - -
 Im Mittel 0,8253 für 0°

Frühere Beobachtungen ergaben:

Kopp (früher) 0,8137 für 15° ; d. i. reduc.: 0,8243 für 0°
 Cahours 0,8184 - 15 ; - - - 0,8291 - -

Nach meiner neueren Bestimmung des specifischen Gewichts und der Ausdehnung ist das specifische Volum des Fuselalkohols

bei 0° 106,63 (für A.G. H=1) od. 1332,8 (für A.G. O=100)
 - 131 ,1 123,28 - - - - 1541,0 - - - -

Aether (Aethyloxyd; $C_4H_{10}O$ oder $C_5H_{10}O_2$).

60) Käuflcher Aether wurde mit Kalkmilch und dann wiederholt mit Wasser gewaschen, mit Chlorcalcium zusammengebracht, davon abgegossen und rectificirt. Das Thermometer 6 zeigte bei der Rectification im Anfang des Siedens $34^{\circ},8$ bis $35^{\circ},0$ schwankend; es stieg allmählig zitternd bis $35,9$; im Dampf zeigte es $34^{\circ},4$. Ich liefs jetzt abkühlen, und gab zu dem Rückstand eine neue Portion der zu rectificirenden Flüssigkeit; jetzt erfolgte bei $38^{\circ},8$ stofsweises Kochen. Nachdem neues reines Platinblech in die Flüssigkeit gebracht war, kochte sie bei $35^{\circ},0$ ruhig; allmählig stieg der Siedepunkt bis $36^{\circ},7$, aber auch jetzt zeigte das Thermometer mit der Kugel im Dampf $34^{\circ},4$. (Diese Beobachtungen sind unmittelbare, uncorrigirte.)

0,3153 des Destillats gaben mir bei der Analyse 0,7543 Kohlensäure und 0,3832 Wasser; d. i.:

	Gefunden.	Berechnet nach $C_4H_{10}O$.
Kohlenstoff	64,47	64,87
Wasserstoff	13,50	13,51
Sauerstoff	22,03	21,62.

61) Bei der Siedepunktsbestimmung, (corr.) B.St. $741^{mm},7$, zeigte Thermometer 6:

		Reduc. auf 760^{mm} B.St.
mit der Kugel in der Flüssigkeit stets schwankend	$35^{\circ},0$ bis $35^{\circ},4$	$35,7$ bis $36,1$
mit der Kugel im Dampf, ganz constant	$34,2$	$34,9$.

Eine Correction für die herausragende Thermometerröhre war nicht nöthig. Nach diesen Beobachtungen ist also der Siedepunkt des Aethers für 760^{mm} B. St. $34^{\circ},9$. Frühere Beobachtungen, wo die Thermometerkugel in die Flüssigkeit tauchte, ergaben:

	(uncorr.) B. St.	Red. auf 760^{mm} B. St.
Dumas und Boullay	34° 745^{mm}	$34,6$
Gay-Lussac	$35,7$ 760	$35,7$
Pierre	$35,5$ 756	$35,7$.

62) Die Ausdehnung des Aethers habe ich in zwei Versuchsreihen bestimmt:

Erste Versuchsreihe. Thermometer 9 und Dilatometer D.

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
1	0°,0	4689,0	8	20,9	4840,4
2	4,9	4722,0	9	22,2	4850,4
3	6,4	4732,5	10	27,2	4889,2
4	10,6	4762,4	11	30,8	4918,5
5	14,4	4790,6	12	31,3	4921,9
6	15,6	4800,2	13	32,4	4932,1
7	19,2	4826,6			

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 3, aus 4 bis 6, aus 7 bis 9, und aus 10 bis 13, so erhält man für das scheinbare Volum des Aethers in Dilatometer D die Formel:

$$V = 4688,7 + 6,6774 t + 0,031026 t^2 - 0,00018352 t^3$$

oder das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00142417 t + 0,0000066171 t^2 - 0,000000039141 t^3 \quad (1)$$

(Lgg. 0,15356 — 3 0,82067 — 6 0,59263 — 8).

Die Resultate dieser Formel, in gleicher Weise wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beobacht.	berechn.			beobacht.	berechn.
1	0°,0	1,00006	1,00000	8	20°,9	1,03235	1,03230
2	4,9	1,00710	1,00714	9	22,2	1,03449	1,03443
3	6,4	1,00934	1,00937	10	27,2	1,04276	1,04285
4	10,6	1,01572	1,01579	11	30,8	1,04901	1,04900
5	14,4	1,02173	1,02176	12	31,3	1,04974	1,04986
6	15,6	1,02378	1,02368	13	32,4	1,05191	1,05176
7	19,2	1,02941	1,02950				

43) *Zweite Versuchsreihe.* Thermometer 2 und Dilatometer A.

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
1	0°,0	6188,4	6	15°,7	6335,4
2	6,0	6241,9	7	19,4	6368,9
3	6,8	6248,8	8	21,0	6387,8
4	10,8	6287,4	9	22,3	6400,1
5	14,6	6322,6			

Mit einer kleineren Quantität Aether wurde weiter beobachtet:

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
10	20°,6	6229,7	13	30°,8	6335,2
11	22,0	6244,3	14	31,6	6343,5
12	23,0	6254,5	15	33,0	6357,6

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 3, aus 4 bis 6, aus 7 bis 9, und aus den Combinationen 10 und 13, 11 und 14, 12 und 15, so findet man für das scheinbare Volum des Aethers in Dilatometer A die Formel:

$$\mathfrak{B} = 6186,9 + 9,2161 t + 0,001987 t^2 + 0,00057535 t^3$$

oder das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00148963 t + 0,00000032116 t^2 + 0,000000092995 t^3 \quad (2)$$

(Lgg. 0,17308 — 3 0,50673 — 7 0,96846 — 8).

Die Resultate dieser Formel, in gleicher Weise wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		neob.	berechn.			neob.	berechn.
1	0°,0	1,00024	1,00000	6	15°,7	1,02400	1,02383
2	6,0	1,00889	1,00897	7	19,4	1,02942	1,02970
3	6,8	1,01001	1,01018	8	21,0	1,03247	1,03228
4	10,8	1,01624	1,01625	9	22,3	1,03446	1,03441
5	14,6	1,02193	1,02211				

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.	bei	wie	zu	
			beobachtet	berechnet
10 und 13	20°,6 und 30°,8	1,03164	1,04911	1,04890
11 - 14	22,0 - 31,6	1,03392	1,05034	1,05032
12 - 15	23,0 - 33,0	1,03556	1,05263	1,05285

64) Die Formel 1) giebt, corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers D, für das wahre Volum des Aethers den Ausdruck:

$$V = 1 + 0,00144714 t + 0,0000066498 t^2 - 0,000000038989 t^3 \quad (1)$$

(Lgg. 0,16051 — 3 0,82281 — 6 0,59094 — 8).

und die Formel 2), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers A:

$$V = 1 + 0,00151338 t + 0,00000035653 t^2 + 0,000000093003 t^3 \quad (II)$$

(Lgg. 0,17995 — 3 0,55210 — 7 0,96849 — 8).

Das Mittel aus beiden ist:

$$V = 1 + 0,00148026 t + 0,00000350316 t^2 + 0,000000027007 t^3 \quad (\text{III})$$

(Lgg. 0,17034 — 3 0,54446 — 6 0,43147 — 8)

Folgende Tabelle giebt die Endresultate beider Versuchsreihen und das aus ihnen im Mittel folgende wahre Volum für den Aether:

Temp.	Wahres Volum.			Temp.	Wahres Volum		
	I.	II.	III (Mitt.)		I.	II.	III (Mitt.)
0°	1,00000	1,00000	1,00000	20°	1,03129	1,03115	1,03122
5	1,00740	1,00759	1,00750	25	1,03973	1,03950	1,03962
10	1,01510	1,01526	1,01518	30	1,04834	1,04823	1,04829
15	1,02308	1,02309	1,02308	35	1,05713	1,05740	1,05726

Frühere Bestimmungen der Ausdehnung des Aethers, welche den meinigen vergleichbar sind, rühren her von Muncke und von Pierre. 1 Volum Aether bei 0° erfüllt

	bei 20°	bei 35°
nach meiner Formel III	1,03122	1,05726
nach Pierre's Formel ¹⁾	1,03153	1,05757
nach Muncke's Formel ²⁾	1,03048	1,05520.

Es zeigt sich hier eine sehr befriedigende Uebereinstimmung zwischen den Resultaten von Pierre und den meinigen.

65) Das specifische Gewicht des Aethers fand ich:
mit App. I 0,7289 für 6°,9
- - II 0,7290 - -

Im Mittel 0,72895 für 6°,9; d. i. reducirt: 0,73658 für 0°.

Frühere Bestimmungen des specifischen Gewichts sind ³⁾:

1) Am angeführten Orte, S. 362. Pierre's Formel ist:

$$V = 1 + 0,0015132447950619 t + 0,000002359182881 t^2 + 0,00000004005124 t^3.$$

2) Gehler's Wörterbuch, Bd. 10, S. 925. Muncke's Formel ist:

$$V = 1 + 0,00150268 t + 0,00000255214 t^2 - 0,00000015783 t^3 + 0,000000004166 t^4.$$

3) Gay-Lussac's Angabe bezieht sich auf Wasser von der Temperatur des Dichtigkeitsmaximums als Einheit.

Dumas u. Boullay:	0,713 für 20°;	d. i. reduc.:	0,7341 für 0°
Pierre:	0,7358 - 0 ;	- -	0,7358 - -
Gay-Lussac	0,7119 - 24,8;	- -	0,7400 - -
Muncke	0,733 - 12,5;	- -	0,7468 - -

Nach meiner Bestimmung des spec. Gewichts und der Ausdehnung ist das spec. Volum des Aethers (für die Formel C_4H_8O)

bei 0° 50,233 (für A. G. H=1) od. 627,90 (für A. G. O=100)
 bei 34°,9 53,099 - - - - - 663,73 - - - - -

Aldehyd (Acetyloxydhydrat; $C_4H_4O_2$).

66) Die Untersuchung der Eigenschaften des Aldehyds wird dadurch erschwert, daß dieser Körper mit Begierde Sauerstoff anzieht, und daß er, in verschlossenen Gefäßen aufbewahrt, bald in polymere Modificationen von anderen Eigenschaften übergeht. Es muß deshalb die Untersuchung mit ganz frisch bereitetem Aldehyd vorgenommen werden. Hr. Guckelberger, welcher in dem hiesigen Laboratorium eine größere Menge Aldehyd darstellte, war so gefällig, mich mit einer zur Untersuchung hinreichenden Quantität zu verschen. Dieses Aldehyd war bereitet durch Zersetzung von frisch (nach Liebig's Vorschrift) dargestelltem Aldehydammoniak; es war dazu auf 2 Theile Aldehydammoniak, die in ihrem gleichen Gewicht Wasser gelöst waren, eine erkaltete Mischung aus 3 Th. Schwefelsäurehydrat und 4 Th. Wasser genommen worden. Das Destillat wurde sogleich über sein gleiches Volum Chlorcalcium rectificirt, bei einer Temperatur, die 30° nicht überstieg, und die jetzt erhaltene Flüssigkeit während 12 Stunden wiederum mit geschmolzenem Chlorcalcium zusammenstehen lassen, und dann bei derselben gelinden Temperatur abdestillirt. Letztere Rectification wurde früh Morgens vorgenommen; unmittelbar darauf begann ich die folgenden Bestimmungen zu machen, die so ununterbrochen fortgesetzt wurden, daß an demselben Tage noch die Untersuchung beendigt war.

Hr. Guckelberger erhielt bei der Analyse der hier angewandten Flüssigkeit von 0,308 Substanz 0,612 Kohlensäure und 0,258 Wasser; d. i.:

	Gefunden.	Berechnet nach $C_4H_4O_2$.
Kohlenstoff	54,18	54,54
Wasserstoff	9,31	9,09
Sauerstoff	36,51	36,37.

67) Bei der Siedepunktsbestimmung stieg Thermometer 6, mit der Kugel in der Flüssigkeit befindlich, bis $26^{\circ},7$; erst bei dieser Temperatur trat Sieden ein (nicht vom Platin, sondern von einer Stelle des Glasgefäßes aus), und in demselben Augenblick sank das Thermometer auf $22^{\circ},0$, und hielt sich hier zitternd sehr constant. Nachdem das Sieden einmal angefangen hatte, sah man keine Entwicklung von Dampfblasen, obgleich die Flüssigkeit sehr rasch überdestillirte; das Sieden ging nur von der Oberfläche der Flüssigkeit aus, nicht vom Platin oder vom Glase. — Es zeigte also das Thermometer 6:

	Reduc. auf 760 ^{mm} B St
mit der Kugel in der Flüssigkeit, zitternd, constant: $22^{\circ},0$	23,0
mit der Kugel im Dampf, ganz constant	19,8 20,8.

Der (corr.) B.St. war nämlich $733^{\text{mm}},9$. Der Siedepunkt des Aldehyds liegt hiernach für 760^{mm} B.St. bei $20^{\circ},8$. — Eine Correction für die herausragende Thermometerröhre war unnöthig.

[Liebig beobachtete (Thermometerkugel in der Flüssigkeit, B.St.?) $21^{\circ},8$.

68) Die Ausdehnung des Aldehyds untersuchte ich in zwei Versuchsreihen.

Erste Versuchsreihe. Thermometer 8 und Dilatometer B:

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
1	$0^{\circ},0$	3625,0	6	$15^{\circ},4$	3715,0
2	$1^{\circ},7$	3632,8	7	$17^{\circ},5$	3728,5
3	$6^{\circ},4$	3659,4	8	$18^{\circ},5$	3733,7
4	$8^{\circ},4$	3671,3	9	$21^{\circ},2$	3751,4
5	$12^{\circ},6$	3697,4			

Da die Beobachtungen sich hier nur über ein kleines Temperaturintervall erstrecken, so genügt es, die Interpolationsformel nur bis zur zweiten Potenz von t zu nehmen. Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 3, aus 4 bis 6 und aus 7 bis 9, so findet man für das scheinbare Volum des Aldehyds in Dilatometer B die Formel:

$$\mathfrak{B} = 3623,8 + 5,5330 t + 0,023462 t^2$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,0015268 t + 0,0000064743 t^2 \dots \dots \dots (1)$$

(*Lgg.* 0,18379—3 0,81119—6)

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beob.	berechn.			beob.	berechn.
1	0°,0	1,00033	1,00000	6	15°,4	1,02517	1,02504
2	1,7	1,00248	1,00262	7	17,5	1,02889	1,02870
3	6,4	1,00982	1,01004	8	18,5	1,03033	1,03047
4	8,4	1,01311	1,01329	9	21,2	1,03521	1,03528
5	12,6	1,02031	1,02027				

69) Zweite Versuchsreihe. Thermometer 9 und Dilatometer G.

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
1	0°,0	3926,3	6	15°,4	4024,8
2	1,6	3935,5	7	17,6	4039,9
3	6,0	3962,7	8	18,5	4045,7
4	8,2	3976,4	9	21,2	4065,6
5	12,5	4005,2			

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 3, aus 4 bis 6 und aus 7 bis 9, so findet man für das scheinbare Volum des Aldehyds im Dilatometer G die Formel:

$$\mathfrak{B} = 3926,0 + 5,9522 t + 0,029047 t^2$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,0015161 t + 0,0000073987 t^2 \dots \dots \dots (2)$$

(*Lgg.* 0,18073 - 3 0,86915 - 6)

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beob.	berechn.			beob.	berechn.
1	0°,0	1,00008	1,00000	6	15°,4	1,02517	1,02510
2	1,6	1,00242	1,00245	7	17,6	1,02901	1,02897
3	6,0	1,00935	1,00937	8	18,5	1,03059	1,03058
4	8,2	1,01284	1,01293	9	21,2	1,03556	1,03547
5	12,5	1,02017	1,02011				

70) Die Formel 1) giebt, corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers *B*, für das wahre Volum des Aldehyds den Ausdruck:

$$V = 1 + 0,0015523 t + 0,0000065133 t^2 \quad \dots \quad (I)$$

(Lgg. 0,19097 — 3 0,81380 — 6)

und die Formel 2), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers *G*:

$$V = 1 + 0,0015406 t + 0,0000074358 t^2 \quad \dots \quad (II)$$

(Lgg. 0,18769 — 3 0,87133 — 6)

Das Mittel aus beiden ist:

$$V = 1 + 0,0015464 t + 0,0000069745 t^2 \quad \dots \quad (III)$$

(Lgg. 0,18932 — 3 0,84351 — 6)

Folgende Tabelle giebt die Endresultate der beiden Versuchsreihen und das aus ihnen im Mittel folgende wahre Volum für Aldehyd:

Temp.	Wahres Volum.			Temp.	Wahres Volum.		
	I.	II.	III. (Mitt.)		I.	II.	III. (Mitt.)
0°	1,00000	1,00000	1,00000	15°	1,02475	1,02478	1,02476
5	1,00792	1,00789	1,00790	20	1,03366	1,03378	1,03372
10	1,01617	1,01615	1,01616				

71) Das specifische Gewicht des Aldehyds fand ich:
mit App. I: 0,79442 für 5°,1; d. i. reducirt: 0,80090 für 0°
- - II: 0,79388 - 5°,6; - - - 0,80094 - -

Im Mittel 0,80092.

Früher fand

Liebig: 0,79 für 18°; d. i. reducirt: 0,813 bei 0°.

Nach meiner Bestimmung des spec. Gewichts und der Ausdehnung ist das spec. Volum des Aldehyds:

bei 0° 54,936 (für A. G. H=1) od. 686,70 (für A. G. O=100)
bei 20,8 56,867 - - - - - 710,83 - - - - -

Aceton ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ oder $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_2$).

72) Aceton bereitete ich durch Destillation von entwässertem essigsaurem Natron. Das Destillat wurde wiederholt mit Aetzkalk digeriren gelassen, und abdestillirt, bis Aetzkalk, in ganzen Stücken zugesetzt, sich nicht mehr darin veränderte.

0,3613 der bei der letzten Rectification erhaltenen und zu den folgenden Versuchen angewandten Substanz gaben mir bei der Analyse 0,8185 Kohlensäure und 0,3385 Wasser, d. i.:

	Gefunden.	Berechnet nach $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$.
Kohlenstoff	61,78	62,07
Wasserstoff	10,41	10,34
Sauerstoff	27,81	27,59.

73) Bei der Siedepunktsbestimmung, (corr.) B.St. $748^{\text{mm}},3$, zeigte Thermometer 6:

		corr. f. d. Scala	Reduc. auf 760^{mm} B. St.
mit der Kugel in der Flüssigkeit, zitternd	$56^{\circ},0$	56,1	56,5
- - - im Dampf, constant	55,8	55,9	56,3.

Nach diesen Beobachtungen ist also der Siedepunkt des Acetons für 760^{mm} B.St. $56^{\circ},3$. — Liebig beobachtete (Thermometerkugel in der Flüssigkeit und ohne Correction für die herausragende Thermometerröhre) $55^{\circ},6$ für ? B.St.

74) Die Ausdehnung des Acetons habe ich in zwei Versuchsreihen bestimmt.

Erste Versuchsreihe. Thermometer 3 und Dilatometer G.

No.	Temp.	Scheinb. Vol.	No.	Temp.	Scheinb. Vol.
1	$0^{\circ},0$	3892,0	8	$25^{\circ},1$	4026,5
2	3,8	3909,5	9	29,1	4050,6
3	7,3	3928,5	10	31,4	4064,2
4	9,0	3938,4	11	34,8	4083,4
5	10,9	3948,5	12	41,9	4127,8
6	18,2	3988,8	13	47,7	4164,9
7	20,6	4001,9			—

Mit einer kleineren Menge Aceton wurde weiter beobachtet:

14	$44^{\circ},2$	3963,4	—	16	$52^{\circ},8$	4016,2	—
15	48,9	3992,7	+	17	60,9	4068,5	+

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 4, aus 5 bis 8, aus 9 bis 11, und aus 12, 13 und den Combinationen 14 und 16, und 15 und 17 (vergl. 22), so findet man für das scheinbare Volum des Aceton in Dilatometer *G* die Formel:

$$V = 3890,8 + 5,1824 t + 0,0090348 t^2 + 0,000048609 t^3$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00133197 t + 0,0000023221 t^2 + 0,0000000124934 t^3 \quad (1)$$

(Lgg. 0,12449 — 3 0,36588 — 6 0,09668 — 8).

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum beob.	berechn.	No.	Temp.	Scheinbares Volum beob.	berechn.
1	0°,0	1,00031	1,00000	8	25°,1	1,03488	1,03509
2	3,8	1,00481	1,00509	9	29,1	1,04107	1,04104
3	7,3	1,00969	1,00984	10	31,4	1,04457	1,04450
4	9,0	1,01223	1,01219	11	34,8	1,04950	1,04969
5	10,9	1,01483	1,01482	12	41,9	1,06091	—
6	18,2	1,02519	1,02509	13	47,7	1,07045	+
7	20,6	1,02855	1,02854				

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.	bei	wie	zu beobacht.	berechnet.
14 (—) und 16 (—)	44°,2 und 52°,8	1,06449	1,07867	1,07864
15 (+) — 17 (+)	48,9 — 60,9	1,07214	1,09249	1,09255

75) *Zweite Versuchsreihe.* Thermometer 6 und Dilatometer *E*.

(Bei 0° hatte sich die Flüssigkeit ganz in die Dilatometerkugel zurückgezogen.)

No.	Temp.	Scheinbares Volum.	No.	Temp.	Scheinbares Volum.
1	3°,9	4689,6	6	20°,4	4797,7
2	6,6	4708,4	7	25,2	4830,0
3	8,8	4721,2	8	29,3	4859,9
4	10,7	4733,9	9	31,9	4877,0
5	18,2	4783,0	10	36,2	4907,7

Mit einer kleineren Quantität Aceton wurde weiter beobachtet:

11	36°,2	4722,1	—	14	50°,4	4824,6	—
12	36,8	4725,3	—	15	56,5	4870,4	+
13	43,9	4774,8	+	16	62,2	4916,6	+

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 4, aus 5 bis 7, aus 8 bis 10 und aus den Combinationen 11 und 14, 12 und 15, und 13 und 16, so findet man für das scheinbare Volum des Acetons in Dilatometer *E* die Formel:

$$V = 4666,3 + 6,1430 t + 0,0132187 t^2 + 0,000049007 t^3$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00131646 t + 0,0000028328 t^2 + 0,0000000105024 t^3 \quad (2)$$

(Lgg. 0,11941 — 3 0,45222 — 6 0,02129 — 8)

Die Resultate dieser Formel wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beob.	berechn.			beob.	berechn.
1	3°,9	1,00499	1,00517	6	20°,4	1,02816	1,02813
2	6,6	1,00902	1,00881	7	25,2	1,03508	1,03514
3	8,8	1,01176	1,01181	8	29,3	1,04149	1,04126
4	10,7	1,01449	1,01442	9	31,9	1,04515	1,04521
5	18,2	1,02511	1,02496	10	36,2	1,05173	1,05187

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.	bei	wie	beobacht.	berechn.
11 (—) und 14 (—)	36°,2 und 50°,4	1,05187	1,07470	1,07489
12 (—) — 15 (+)	36,8 — 56,5	1,05280	1,08513	1,08532
13 (+) — 16 (+)	43,9 — 62,2	1,06414	1,09574	1,09537

76) Die Formel 1) giebt, corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers *G*, für das wahre Volum des Acetons den Ausdruck:

$$V = 1 + 0,00135645 t + 0,0000023547 t^2 + 0,0000000125502 t^3 \quad (1)$$

(Lgg. 0,13240 — 3 0,37194 — 6 0,09865 — 8)

und die Formel 2), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers *E*:

$$V = 1 + 0,00133974 t + 0,0000028634 t^2 + 0,0000000105683 t^3 \quad (II)$$

(Lgg. 0,12702 — 3 0,45688 — 6 0,02400 — 8).

Das Mittel aus beiden ist:

$$V = 1 + 0,00134810 t + 0,0000026090 t^2 + 0,0000000115592 t^3 \quad (III)$$

(Lgg. 0,12972 — 3 0,41647 — 6 0,06293 — 8).

Folgende Tabelle giebt die Endresultate beider Ver-

suchsreihen und das aus ihnen im Mittel folgende wahre Volum für Aceton:

Temp.	Wahres Volum.			Temp.	Wahres Volum.		
	I.	II.	III. (Mitt.)		I.	II.	III. (Mitt.)
0°	1,00000	1,00000	1,00000	35°	1,05090	1,05085	1,05087
5	1,00684	1,00677	1,00680	40	1,05883	1,05885	1,05884
10	1,01381	1,01370	1,01375	45	1,06695	1,06705	1,06700
15	1,02092	1,02078	1,02085	50	1,07528	1,07547	1,07538
20	1,02817	1,02804	1,02810	55	1,08381	1,08410	1,08396
25	1,03558	1,03545	1,03551	60	1,09258	1,09297	1,09278
30	1,04315	1,04306	1,04310				

77) Das specifische Gewicht des Acetons fand ich:
mit App. I: 0,79942 für 13°,9
- - II: 0,79948 - -

Im Mittel 0,79945 für 13°,9; d. i. reduc.: 0,81440 für 0°.

Früher fand

Liebig: 0,7921 für 18°; d. i. reducirt: 0,8111 für 0°.

Nach meiner Bestimmung des specifischen Gewichts und der Ausdehnung ist das specifische Volum des Acetons (für die Formel C_3H_3O):

bei 0°: 35,609 (für A. G. H=1) od. 445,11 (für A. G. O=100)
- 56°,3: 38,680 - - - - - 483,50 - - - - -

Benzol (Benzin; $C_{12}H_6$).

78) Benzol bereitete ich, ganz nach Mitscherlich's Vorschrift, durch Destillation eines Gemenges von 1 Th. Benzoësäure mit 3 Th. gelöschten Kalks; das übergegangene Benzol stellte ich mit festem Aetzkali zusammen, goß es dann davon ab und rectificirte es im Wasserbad. Bei dieser Rectification zeigte Thermometer 7:

Corr. f. d. Scale. Red. auf 760^{mm} B. St.

mit der Kugel im Dampf 80°,1 80,5 80,8

Der (corr.) B. St. war nämlich 750^{mm},6. Die Beobachtung wurde an zwei verschiedenen Portionen Flüssigkeit mit ganz gleichem Resultat gemacht.

Von 0,2615 des Destillats erhielt ich bei der Analyse 0,8814 Kohlensäure und 0,1825 Wasser; d. i.:

	Gefunden.	Berechnet nach $C_{12}H_6$.
Kohlenstoff	91,92	92,31
Wasserstoff	7,76	7,69.

79) Bei der Siedepunktsbestimmung für dieses Destillat, (corr.) B.St. 752^{mm},0, zeigte Thermometer 6:

		corr. f. d. Scale.	Reduc. auf 760 ^{mm} B.St.
mit der Kugel in der Flüssigkeit schwankend	80°,6 bis 81,1	81,0 bis 81,5	81,3 bis 81,8
mit der Kugel im Dampf, ganz constant	79,7	80,1	80,4.

Nach diesen Beobachtungen ist der Siedepunkt des Benzols für 760^{mm} B.St. 80°,4. — Mitscherlich beobachtete (Thermometerkugel in der Flüssigkeit, und wohl ohne Correction für die herausragende Thermometerröhre) 86° für? B.St.

80) Die Ausdehnung des Benzols untersuchte ich in zwei Versuchsreihen.

Erste Versuchsreihe. Thermometer 9 und Dilatometer *F*:

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
1	11°,4	3711,5	6	26°,5	3778,2	11	53°,6	3905,7
2	12°,6	3716,9	7	37°,0	3826,0	12	57°,6	3926,5
3	15°,9	3730,5	8	41°,1	3845,9	13	58°,8	3932,3
4	20°,2	3750,0	9	41°,2	3846,4	14	62°,3	3950,9
5	23°,4	3764,0	10	51°,9	3898,0			

Mit einer kleineren Quantität Benzol wurde weiter beobachtet:

15	50°,5	3742,7	—	18	56°,6	3770,9	+	21	80°,4	3892,5	—
16	50°,8	3743,8	+	19	76°,1	3870,1	—	22	81°,0	3896,1	+
17	54°,3	3761,4	—	20	77°,5	3876,6	+	23	81°,4	3897,4	+

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 4, aus 5 bis 9, aus 10 bis 14, und aus den Combinationen 15 und 19, 16 und 20, 17 und 21, 18 und 22, 17 und 21, und 18 und 23, so findet man für das scheinbare Volum des Benzols in Dilatometer *F* die Formel:

$$v = 3662,8 + 4,2036 t + 0,0047801 t^2 + 0,000029344 t^3$$

oder das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00114763 t + 0,0000013050 t^2 + 0,0000000080112 t^3 \quad (1)$$

(Lgg. 0,05980 — 3 0,11562 — 6 0,90370 — 9).

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum		
		beob.	berechn			beob.	berechn.	
1	11°,4	1,01330	1,01326	8	41°,1	1,04999	+	1,04993
2	12,6	1,01477	1,01469	9	41,2	1,05013	+	1,05006
3	15,9	1,01848	1,01861	10	51,9	1,06421	—	1,06420
4	20,2	1,02381	1,02378	11	53,6	1,06632	+	1,06649
5	23,4	1,02763	1,02766	12	57,6	1,07199	—	1,07196
6	26,5	1,03151	1,03148	13	58,8	1,07358	+	1,07362
7	37,0	1,04456	—	14	62,3	1,07865	+	1,07851

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.	bei	wie	zu beobacht.	berechn.
15 (—) und 19 (—)	50°,5 und 76°,1	1,06231	1,09847	1,09842
16 (+) — 20 (+)	50,8 — 77,5	1,06272	1,10042	1,10051
17 (—) — 21 (—)	54,3 — 80,4	1,06745	1,10465	1,10487
18 (+) — 22 (+)	56,6 — 81,0	1,07059	1,10613	1,10578
18 (+) — 23 (+)	56,6 — 81,4	1,07059	1,10650	1,10639

69) *Zweite Versuchsreihe.* Thermometer 3 und Dilatometer G.

No.	Temp.	Scheinb. Volum.		No.	Temp.	Scheinb. Volum.	
1	11°,5	3917,7		8	38°,8	4047,0	—
2	12,7	3923,6		9	39,6	4051,9	+
3	15,9	3937,6		10	47,4	4091,2	—
4	20,3	3958,0		11	51,5	4112,4	+
5	23,3	3972,5		12	59,2	4153,2	—
6	26,4	3987,4		13	59,7	4155,5	+
7	32,6	4017,0	—	14	62,2	4169,4	+

Mit einer kleineren Quantität Benzol wurde weiter beobachtet:

15	47°,1	3943,6	—	19	76°,9	4098,5	—
16	47,7	3946,1	—	20	78,0	4105,0	+
17	48,2	3948,9	+	21	79,5	4112,9	—
18	51,6	3965,6	+	22	80,4	4118,9	+

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 4, aus 5 bis 9, aus 10

bis 14, und aus den Combinationen 13 und 19, 16 und 21, 17 und 20, 18 und 22, so erhält man für das scheinbare Volum des Benzols in Dilatometer *G* die Formel:

$$\mathfrak{V} = 3865,6 + 4,4710 t + 0,0046176 t^2 + 0,000031150 t^3$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00115660 t + 0,0000011945 t^2 + 0,0000000080582 t^3 \quad (2)$$

(Lgg. 0,06318 — 3 0,07719 — 6 0,90624 — 9)

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beob.	berechn.			beob.	berechn.
1	11°,5	1,01348	1,01347	8	38,8	1,04693	—
2	12,7	1,01500	1,01490	9	39,6	1,04819	+
3	15,9	1,01863	1,01872	10	47,4	1,05836	—
4	20,3	1,02390	1,02404	11	51,5	1,06384	+
5	23,3	1,02765	1,02770	12	59,2	1,07440	—
6	26,4	1,03151	1,03151	13	59,7	1,07499	+
7	32,6	1,03917	—	14	62,2	1,07859	+

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.	bei	wie	zu	
			beobacht.	berechn.
15 (—) und 19 (—)	47°,1 und 76°,9	1,05796	1,09951	1,09966
16 (—) — 21 (—)	47,7 — 79,5	1,05876	1,10351	1,10355
17 (+) — 20 (+)	48,2 — 78,0	1,05942	1,10130	1,10130
18 (+) — 22 (+)	51,6 — 80,4	1,06396	1,10509	1,10490

82) Die Formel 1) giebt, corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers *F*, für das wahre Volum des Benzols den Ausdruck:

$$V = 1 + 0,00117144 t + 0,0000013323 t^2 + 0,0000000080423 t^3 \quad (I)$$

(Lgg. 0,06872 — 3 0,12460 — 6 0,90538 — 9)

und die Formel 2), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers *G*:

$$V = 1 + 0,00118108 t + 0,0000012228 t^2 + 0,0000000080874 t^3 \quad (II)$$

(Lgg. 0,07228 — 3 0,08736 — 6 0,90781 — 9)

Das Mittel aus beiden ist:

$$V = 1 + 0,00117626 t + 0,00000127755 t^2 + 0,0000000080648 t^3 \quad (III)$$

(Lgg. 0,07051 — 3 0,10637 — 6 0,90660 — 9).

Die Endresultate beider Versuchsreihen und das aus

ihnen im Mittel folgende wahre Volum für Benzol sind in folgender Tabelle enthalten:

Tem- perat.	Wahres Volum.			Tem- perat.	Wahres Volum.		
	I.	II.	III(Mittel)		I.	II.	III (Mitt.)
0°	1,00000	1,00000	1,00000	45°	1,05613	1,05637	1,05625
5	1,00589	1,00594	1,00592	50	1,06291	1,06313	1,06302
10	1,01185	1,01194	1,01190	55	1,06980	1,07001	1,06990
15	1,01790	1,01803	1,01796	60	1,07683	1,07701	1,07692
20	1,02402	1,02417	1,02410	65	1,08398	1,08416	1,08407
25	1,03025	1,03041	1,03033	70	1,09129	1,09144	1,09136
30	1,03656	1,03675	1,03665	75	1,09874	1,09887	1,09880
35	1,04297	1,04319	1,04308	80	1,10636	1,10646	1,10641
40	1,04950	1,04972	1,04961	85	1,11414	1,11410	1,11412

83) Das specifische Gewicht des Benzols fand ich:

mit App. I: 0,88372 für 15°,2; d. i. reducirt: 0,89914 für 0°

- - II: 0,88354 - 15°,3; - - - 0,89908 - -

Im Mittel 0,89911.

Es beobachtete früher

Mitscherlich: 0,85 für 19°; d. i. reducirt: 0,868 bei 0°.

Nach meiner Bestimmung des spec. Gewichts und der Ausdehnung ist das spec. Volum des Benzols:

bei 0° 86,752 (für A. G. H=1) od. 1084,4 (für A. G. O=100)

bei 80°,4 96,037 - - - - - 1200,5 - - - - -

Ameisensäure (Ameisensäurehydrat; $C_2H_2O_4$).

84) Ich bereitete reines ameisensaures Bleioxyd durch Sättigen von wässriger Ameisensäure mit kohlsaurem Bleioxyd, Ausziehen mit heißem Wasser, heißes Filtriren und auskrystallisiren lassen. Dieses krystallisirte ameisensaure Bleioxyd trocknete ich fein gepulvert und im luftverdünnten Raum bei 100°. In einer Glasröhre, welche mit einem Kühlapparat in Verbindung stand, wurde es dann durch trocknes Schwefelwasserstoffgas zersetzt, und die gebildete Ameisensäure durch möglichst gelinde Wärme in die Vorlage übergetrieben. Die übergegangene Flüssigkeit war nicht ganz klar, und roch stark nach Schwefelwasserstoff. Bei der Rectification kam sie bei 96° in's Sieden, der Siedpunkt stieg allmählig bis 105°, wo er sich sehr constant er-

hielt; auch im Dampf zeigte dann das Thermometer 105° . Das so erhaltene Destillat kam bei 96° in's Sieden, der Siedepunkt stieg rasch bis etwa 100° , und schien auf den ersten Blick hier constant zu werden, aber bei fortdauernder Destillation stieg er noch langsam, allmählig bis $104^{\circ},5$, wo er völlig constant wurde; auch als das Thermometer mit der Kugel sich im Dampf befand, zeigte es diese Temperatur (bei allen diesen Beobachtungen befand sich Platinblech in der Flüssigkeit; die Temperaturangaben sind nicht corrigirt für die herausragende Thermometerröhre, noch für den von 760^{mm} abweichenden Barometerstand).

Was jetzt bei dem constanten Siedepunkt $104^{\circ},5$ übergang, wurde besonders aufgefangen und zu den nachstehenden Versuchen verwandt. 0,4467 dieser Flüssigkeit gaben mir bei der Analyse 0,4170 Kohlensäure und 0,1952 Wasser; d. i.:

	Gefunden.	Berechnet nach $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$
Kohlenstoff	25,46	26,09
Wasserstoff	4,85	4,35
Sauerstoff	69,69	69,56.

85) Bei der Siedepunktsbestimmung zeigte Thermometer 6:

	corr. f. d. Scala	Reduc. auf 760^{mm} B.St.
sowohl mit der Kugel in der Flüssigkeit, als im Dampf	$104^{\circ},5$	$105,4$
		$105,3.$

Der (corr.) B.St. war nämlich $763^{\text{mm}},9$. Nach diesen Versuchen ist der Siedepunkt der Ameisensäure für 760^{mm} $105^{\circ},3$. Davon weichen die früheren Angaben ziemlich ab; nach Liebig ist der Siedepunkt $98,5$ für 753^{mm} (uncorr.) B.St., nach Bineau 100° . Diese Zahlen stimmen mit meinen Beobachtungen in sofern überein, als auch nach diesen der Siedepunkt hier constant zu werden *schien*, aber er war es keineswegs. — Eine Mischung von 1 At. Säure und 1 Wasser ($\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_3$) zeigt, nach Liebig, den Siedepunkt 106° , also nahe denjenigen, welchen ich $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ beobachtete, aber die Zusammensetzung dieser Mischung ist *eine ganz andere*, als die von mir in der Analyse gefun-

dene ($C_2H_3O_5$ enthält 21,82 Kohlenstoff, 5,45 Wasserstoff, 72,73 Sauerstoff).

86) Die Ausdehnung der Ameisensäure habe ich in zwei Versuchsreihen bestimmt.

Erste Versuchsreihe. Thermometer 2 und Dilatometer F:

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
1	5°,4	3705,5	8	45°,1	3853,1
2	9,8	3721,0	9	65,2	3934,0
3	13,1	3732,7	10	65,8	3936,3
4	14,3	3736,9	11	70,1	3954,2
5	43,2	3845,9	12	70,8	3957,3
6	43,5	3846,5	13	71,7	3960,9
7	45,0	3852,3			

Mit einer kleineren Quantität Ameisensäure wurde weiter beobachtet:

14	65°,3	3733,3	—	19	94°,6	3854,9	—
15	70,7	3754,2	—	20	95,6	3858,1	+
16	73,2	3765,0	—	21	99,2	3874,7	—
17	74,9	3771,4	+	22	100,4	3879,3	+
18	76,1	3776,6	+	23	102,8	3890,5	+

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 4, aus 5 bis 8, aus 9 bis 13, und aus den Combinationen 14 und 19, 15 und 21, 16 und 21, 17 und 20, 18 und 22, und 18 und 23, so findet man für das scheinbare Volum der Ameisensäure in Dilatometer F die Formel:

$$v = 3686,1 + 3,5277 t + 0,0029741 t^2 + 0,000018195 t^3$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00095702 t + 0,0000080682 t^2 + 0,000000049361 t^3 \quad (1)$$

(Lgg. 0,98092 — 4 0,90678 — 7 0,69339 — 9).

Die Resultate dieser Formel, in gleicher Weise wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beobacht.	berechn.			beobacht.	berechn.
1	5°,4	1,00526	1,00519	8	45°,1	1,04531	1,04525
2	9,8	1,00947	1,00946	9	65,2	1,06725	1,06720
3	13,1	1,01264	1,01269	10	65,8	1,06788	1,06787
4	14,3	1,01378	1,01386	11	70,1	1,07273	1,07275
5	43,2	1,04335	1,04327	12	70,8	1,07357	1,07355
6	43,5	1,04351	1,04357	13	71,7	1,07455	1,07459
7	45,0	1,04509	1,04515				

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.		bei	wie	zu	
				beobacht.	herechn.
14 (—)	und 19 (—)	65°,3 und 94°,6	1,06730	1,10206	1,10193
15 (—)	- 21 (—)	70,7 - 99,2	1,07343	1,10788	1,10770
16 (—)	- 21 (—)	73,2 - 99,2	1,07631	1,10767	1,10770
17 (+)	- 20 (+)	74,9 - 95,6	1,07828	1,10307	1,10317
18 (+)	- 22 (+)	76,1 - 100,4	1,07968	1,10904	1,10921
18 (+)	- 23 (+)	76,1 - 102,8	1,07968	1,11224	1,11227

87) *Zweite Versuchsreihe.* Thermometer 9 und Dilatometer B:

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.	
1	5°,6	3566,8	9	42°,2	3697,4	—
2	10,0	3581,6	10	43,2	3701,5	+
3	12,9	3591,2	11	62,3	3775,2	—
4	13,2	3592,3	12	65,2	3785,3	—
5	14,5	3596,9	13	65,5	3786,5	+
6	37,8	3680,7	14	65,5	3786,8	+
7	38,1	3682,5	15	66,7	3791,9	+
8	39,9	3688,8				

Mit einer kleineren Quantität Ameisensäure wurde weiter beobachtet:

16	62°,7	3609,2	—	22	95°,6	3739,8	—
17	64,3	3614,3	—	23	96,4	3742,4	+
18	64,4	3614,9	+	24	101,4	3765,0	—
19	70,3	3638,1	—	25	102,4	3768,7	—
20	70,8	3639,5	+	26	103,2	3772,2	+
21	73,5	3649,6	+	27	103,5	3773,3	+

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 5, aus 6 bis 10, aus 11 bis 15, und aus den Combinationen 16 und 22, 17 und 24, 18 und 23, 19 und 25, 20 und 26, und 21 und 27, so findet man für das scheinbare Volum der Ameisensäure in Dilatometer B die Formel:

$$V = 3546,5 + 3,47205 t + 0,0014033 t^2 + 0,000024699 t^3$$

oder das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00097902 t + 0,00000039568 t^2 + 0,0000000069645 t^3 \quad (2)$$

(Lgg. 0,99079 — 4 0,59735 — 7 0,84289 — 9).

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beob.	berechn.			beob.	berechn.
1	5°,6	1,00572	1,00549	9	42°,2	1,04255	—
2	10°,0	1,00990	1,00984	10	43°,2	1,04370	+
3	12°,9	1,01260	1,01271	11	62°,3	1,06449	—
4	13°,2	1,01291	1,01300	12	65°,2	1,06733	—
5	14°,5	1,01421	1,01430	13	65°,5	1,06767	+
6	37°,8	1,03784	—	14	65°,5	1,06776	+
7	38°,1	1,03835	—	15	66°,7	1,06919	+
8	39°,9	1,04012	+				

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.		bei	wie	zu	
				beobacht.	berechnet.
16 (—)	und 22 (—)	62°,7 und 95°,6	1,06466	1,10318	1,10330
17 (—)	- 24 (—)	64°,3 - 101°,4	1,06644	1,11090	1,11060
18 (+)	- 23 (+)	64°,4 - 96°,4	1,06655	1,10417	1,10430
19 (—)	- 25 (—)	70°,3 - 102°,4	1,07321	1,11174	1,11188
20 (+)	- 26 (+)	70°,8 - 103°,2	1,07376	1,11291	1,11289
21 (+)	- 27 (+)	73°,5 - 103°,5	1,07687	1,11337	1,11329

88) Die Formel 1), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers F , giebt für das wahre Volum der Ameisensäure den Ausdruck:

$$V = 1 + 0,00098083 t + 0,00000082961 t^2 + 0,0000000049553 t^3 \quad (\text{I})$$

(Lgg. 0,99159 — 4 0,91887 — 7 0,69507 — 9).

und die Formel 2), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers B :

$$V = 1 + 0,00100455 t + 0,00000042067 t^2 + 0,0000000069746 t^3 \quad (\text{II})$$

(Lgg. 0,00197 — 3 0,62394 — 7 0,84352 — 9)

Das Mittel aus beiden ist:

$$V = 1 + 0,00099269 t + 0,00000062514 t^2 + 0,0000000059650 t^3 \quad (\text{III})$$

(Lgg. 0,99682 — 4 0,79598 — 7 0,77561 — 9).

Folgende Tabelle giebt die Endresultate der zwei Versuchsreihen, und das aus ihnen im Mittel folgende wahre Volum für die Ameisensäure:

Temp.	Vwahres Volum.			Temp.	Vwahres Volum		
	I.	II.	III (Mitt.)		I.	II.	III (Mitt.).
0°	1,00000	1,00000	1,00000	20°	1,01999	1,02032	1,02016
5	1,00492	1,00503	1,00497	25	1,02512	1,02548	1,02530
10	1,00990	1,01010	1,01000	30	1,03030	1,03071	1,03050
15	1,01491	1,01518	1,01505	35	1,03556	1,03598	1,03577

Temp.	Wahres Volum.			Temp.	Wahres Volum.		
	I.	II.	III. (Mitt.)		I.	II.	III. (Mitt.)
40°	1,04088	1,04130	1,04109	75°	1,08032	1,08065	1,08048
45	1,04627	1,04669	1,04648	80	1,08632	1,08662	1,08647
50	1,05173	1,05215	1,05194	85	1,09240	1,09271	1,09255
55	1,05727	1,05768	1,05748	90	1,09860	1,09890	1,09875
60	1,06291	1,06328	1,06310	95	1,10492	1,10521	1,10507
65	1,06862	1,06899	1,06880	100	1,11134	1,11163	1,11148
70	1,07443	1,07476	1,07460	105	1,11788	1,11819	1,11803

89) Das specifische Gewicht der Ameisensäure fand ich:
mit App. I: 1,2068 für 13°,7

- - II: 1,2066 - -

Im Mittel 1,2067 für 13°,7; d. i. reduc.: 1,2227 für 0°.

Früher beobachtete

Liebig: 1,2353 für 12°; d. i. reducirt: 1,2498 für 0°.

Nach meiner Bestimmung des specifischen Gewichts und der Ausdehnung ist das specifische Volum der Ameisensäure

bei 0°: 37,623 (für A. G. H=1) od. 470,29 (für A. G. O=100)

- 105°,3: 41,830 - - - - - 522,89 - - - - -

Essigsäure (Essigsäurehydrat; $C_4H_4O_4$).

90) Concentrirte Essigsäure bereitete ich theils durch Destillation von entwässertem Bleizucker mit geschmolzenem saurem schwefelsaurem Kali, theils durch Destillation von entwässertem Bleizucker mit abgerauchter Schwefelsäure. Die so erhaltene Essigsäure wurde rectificirt, und das erste Drittheil des Destillats, welches Aceton enthalten konnte, besonders aufgefangen. Was nachher überging wurde, zur völligen Befreiung von schwefliger Säure, mit Bleisuperoxyd digerirt und abdestillirt, das Destillat zu noch stärkerer Concentration mit entwässertem schwefelsaurem Natron digerirt, davon abgegossen und nochmals rectificirt. Die jetzt erhaltene Flüssigkeit wurde in der Kälte krystallisiren lassen, das Flüssigbleibende abgegossen, und dies öfters wiederholt. Was zuletzt krystallisirt blieb, gab geschmolzen die im Nachstehenden untersuchte Säure.

0,4322 derselben gaben mir bei der Analyse 0,2667 Wasser, die Kohlensäurebestimmung ging durch Ueberspritzen von Kali verloren. 0,4443 gaben bei einer zweiten Analyse 0,6396 Kohlensäure und 0,2691 Wasser; d. i.:

		Gefunden.	Berechnet nach $C_4H_4O_4$.
Kohlenstoff		39,26	40,00
Wasserstoff	6,85	6,73	6,67
Sauerstoff		54,01	53,33.

91) Die Angaben über den Siedepunkt der Essigsäure sind sich sehr widersprechend; nach Mollerat liegt er unter 100° , nach Mitscherlich bei 114° , nach Dumas bei 120° . Es scheint, daß ein sehr kleiner Wassergehalt von sehr großem Einfluß auf den Siedepunkt ist. Bei Versuchen mit der beschriebenen Säure zeigte Thermometer 6 (die Kugel tauchte zuerst etwa $\frac{1}{2}$ Zoll tief in die Flüssigkeit, die sich allmählig durch Abdestilliren verringerte; [corr.] B.St. $750^{mm},0$):

		corr. f. d. Scala.	reduc. auf 760^{mm} B.St.
mit der Kugel in der Flüssigkeitschwan- kend zwischen	111°,8 bis 112,2	112,7 bis 113,1	113,1 bis 113,5
aber in dem Maasse steigend, als Flüs- sigkeit abdunstete.			
mit der Kugel im Dampf, bei der er- sten Ablesung	112,6	113,5	113,9
allmählig steigend bis	116,0	116,9	117,3.
wo es sich ziemlich constant hielt.			

Nach diesen Beobachtungen wäre der Siedepunkt der Essigsäure für 760^{mm} B.St. $117^\circ,3$.

92) Die Ausdehnung der Essigsäure habe ich in zwei Versuchsreihen untersucht.

Erste Versuchsreihe. Thermometer 9 und Dilatometer F:

No.	Temp.	Scheinbares Volum.	No.	Temp.	Scheinbares Volum.
1	17°,7	3709,8	8	65°,3	3900,4
2	17,8	3710,6	9	66,7	3907,5
3	24,2	3734,8	10	73,7	3938,0
4	24,7	3736,7	11	76,0	3947,0
5	39,2	3793,8	12	76,6	3949,5
6	45,8	3819,3	13	78,9	3960,1
7	49,7	3835,8			

Mit einer kleineren Quantität Essigsäure wurde weiter beobachtet:

14	55°,0	3765,3	—	18	88°,1	3905,8	+
15	60,6	3788,3	—	19	90,1	3916,1	—
16	65,8	3808,8	+	20	94,3	3936,0	—
17	73,5	3842,1	+	21	100,5	3963,9	+

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 4, aus 5 bis 9, aus 10 bis 13, und aus den Combinationen 14 und 19, 15 und 20, 16 und 18, und 17 und 21, so findet man für die scheinbare Ausdehnung der Essigsäure in Dilatometer *F* die Formel:

$$v = 3642,1 + 3,8309 t - 0,0006335 t^2 + 0,000040394 t^3$$

oder das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,0010518 t - 0,00000017394 t^2 + 0,000000011146 t^3 \quad (1)$$

(Lgg. 0,02194 — 3 0,24040 — 7 0,04711 — 8).

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum	No.	Temp.	Scheinbares Volum
		beob. berechn.			beob. berechn.
1	17°,7	1,01859	8	65°,3	1,07092
2	17,8	1,01881	9	66,7	1,07287
3	24,2	1,02548	10	73,7	1,08124
4	24,7	1,02597	11	76,0	1,08372
5	39,2	1,04165	12	76,6	1,08440
6	45,8	1,04865	13	78,9	1,08731
7	49,7	1,05318			

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.		bei	wie	zu	
				beobacht.	berechn.
14 (—)	und 19 (—)	55°,0 und 90°,1	1,05917	1,10159	1,10169
15 (—)	- 20 (—)	60,6 - 94,3	1,06558	1,10713	1,10699
16 (+)	- 18 (+)	65,8 - 88,1	1,07164	1,09893	1,09894
17 (+)	- 21 (+)	73,5 - 100,5	1,08080	1,11506	1,11526

93) *Zweite Versuchsreihe.* Thermometer 6 und Dilatometer *B*.

No.	Temp.	Scheinb. Vol.		No.	Temp.	Scheinb. Vol.	
1	17°,7	3568,8		7	63°,1	3742,3	+
2	20 ,8	3580,7		8	65 ,7	3755,4	—
3	24 ,6	3594,2		9	70 ,9	3777,8	—
4	38 ,5	3646,9	—	10	72 ,6	3782,2	+
5	44 ,1	3666,9	+	11	74 ,2	3789,0	+
6	57 ,3	3721,5	—				

Mit einer kleineren Quantität Essigsäure wurde weiter beobachtet:

12	79°,4	3580,5	—	17	94°,4	3645,6	—
13	81,1	3588,1	+	18	99,5	3665,6	+
14	85,2	3606,1	—	19	101,0	3674,9	—
15	87,9	3617,8	—	20	108,7	3707,3	+
16	93,5	3638,0	+		109,6	3712,2	+

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 3, aus 4 bis 7, aus 8 bis 11, und aus den Combinationen 12 und 17, 13 und 18, 14 und 19, 15 und 20, und 16 und 21, so findet man für das scheinbare Volum der Essigsäure in Dilatometer *B* die Formel:

$$v = 3505,6 + 3,5509 t + 0,0017160 t^2 + 0,000028509 t^3$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00101293 t + 0,00000048951 t^2 + 0,0000000081326 t^3 \quad (2)$$

(Lgg. 0,00558 — 3 0,68976 — 7 0,91023 — 9).

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum		
		beob.	berechn.			beob.		berechn.
1	17°,7	1,01803	1,01813	7	63°,1	1,06752	+	1,06791
2	20,8	1,02142	1,02135	8	65,7	1,07126	—	1,07097
3	24,6	1,02527	1,02534	9	70,9	1,07765	—	1,07718
4	38,5	1,04031	1,04019	10	72,6	1,07890	+	1,07923
5	44,1	1,04601	1,04632	11	74,2	1,08084	+	1,08118
6	57,3	1,06159	— 1,06118					

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.	bei	wie	zu	
			beobacht.	berechn.
12 (—) und 17 (—)	79,4 und 94,4	1,08759	1,10736	1,10682
13 (+) — 18 (+)	81,1 — 99,5	1,08971	1,11325	1,11365
14 (—) — 19 (—)	85,2 — 101,0	1,09488	1,11577	1,11567
15 (—) — 20 (+)	87,9 — 108,7	1,09832	1,12549	1,12634
16 (+) — 21 (+)	93,5 — 109,6	1,10564	1,12819	1,12761

94) Die Formel 1), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers *F*, giebt für das wahre Volum der Essigsäure den Ausdruck:

$$V = 1 + 0,00107560 t - 0,00000014890 t^2 + 0,000000011142 t^3 \quad (I)$$

(Lgg. 0,03165 — 3 0,17289 — 7 0,04697 — 8).

und die Formel 2), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers *B*:

$$V = 1 + 0,00103846 t + 0,00000051537 t^2 + 0,0000000081451 t^3 \quad (II)$$

(Lgg. 0,01639 — 3 0,71212 — 7 0,91089 — 9)

Das Mittel aus beiden ist:

$$V = 1 + 0,00105703 t + 0,00000018323 t^2 + 0,0000000096435 t^3 \quad (III)$$

(Lgg. 0,02408 — 3 0,26300 — 7 0,98423 — 9).

Folgende Tabelle giebt die Endresultate beider Versuchsreihen und das aus ihnen im Mittel folgende wahre Volum für die Essigsäure:

Temp.	VWahres Volum.			Temp.	VWahres Volum.		
	I.	II.	III. (Mitt.)		I.	II.	III. (Mitt.)
0°	1,00000	1,00000	1,00000	35°	1,03795	1,03733	1,03764
5	1,00538	1,00520	1,00529	40	1,04349	1,04288	1,04319
10	1,01076	1,01044	1,01060	45	1,04911	1,04851	1,04881
15	1,01614	1,01563	1,01588	50	1,05480	1,05423	1,05451
20	1,02154	1,02105	1,02129	55	1,06056	1,06003	1,06030
25	1,02697	1,02641	1,02669	60	1,06641	1,06593	1,06617
30	1,03244	1,03183	1,03213	65	1,07234	1,07192	1,07213

Temp.	Wahres Volum.			Temp.	Wahres Volum.		
	I.	II.	III (Mitt.)		I.	II.	III (Mitt.)
70°	1,07838	1,07801	1,07820	100°	1,11721	1,11714	1,11717
75	1,08453	1,08422	1,08438	105	1,12420	1,12415	1,12417
80	1,09080	1,09055	1,09067	110	1,13135	1,13131	1,13133
85	1,09719	1,09699	1,09709	115	1,13867	1,13863	1,13865
90	1,10371	1,10357	1,10364	120	1,14618	1,14610	1,14614
95	1,11039	1,11028	1,11033				

95) Das specifische Gewicht der Essigsäure fand ich:
mit App. I 1,0619 für 17°,0
- - II 1,0620 - -

Im Mittel 1,06195 für 17°,0; d. i. reducirt: 1,08005 für 0°.

Früher fand:

Mollerat: 1,063 für 16°; d. i. reducirt: 1,0801 für 0°

Mohr: 1,0635 - 15 ; - - - 1,0796 - -

Nach meiner Bestimmung des spec. Gewichts und der Ausdehnung ist das spec. Volum der Essigsäure:

bei 0° 55,554 (für A. G. H=1) od. 694,42 (A. G. O=100)

bei 117°,3 63,447 - - - - - 793,08 - - - -

Buttersäure (Buttersäurehydrat; $C_4H_8O_4$).

96) Die zu den nachstehenden Versuchen angewandte Buttersäure war nach Pelouze und Gélis Methode künstlich dargestellt. Die so erhaltene rohe wässrige Buttersäure wurde rectificirt; der Siedepunkt (das Thermometer tauchte mit der Kugel in die Flüssigkeit, Platinblech war zugegen) stieg schnell bis 155°,5, wo er sich sehr annähernd constant hielt. Was jetzt überging, wurde besonders auffangen. Als die Kugel des Thermometers noch halb mit Flüssigkeit überdeckt war, zeigte es noch 155°,5; als die Kugel sich ganz im Dampf befand, und nur noch sehr wenig Flüssigkeit in dem Destillationsgefäße war, zeigte es 159,5; doch konnte hier eine Einwirkung der heißen Gefäßwände stattfinden. Der Rückstand an Flüssigkeit färbte sich bei dieser Temperatur bräunlich (die vorstehenden Temperaturangaben sind nicht corrigirt, weder in Beziehung auf die

herausragende Thermometerröhre, noch auf den von 760^{mm} abweichenden B.St.).

0,2548 des bei constantem Siedepunkt Uebergegangenen gaben mir bei der Analyse 0,4973 Kohlensäure und 0,2065 Wasser; d. i.:

	Gefunden.	Berechnet nach $C_8H_8O_4$.
Kohlenstoff	53,23	54,55
Wasserstoff	9,01	9,09
Sauerstoff	37,76	36,36.

97) Bei der Siedepunktsbestimmung, (corr.) B.St. 733^{mm}, zeigte Thermometer 8:

		corr. f. d. Scala	reduc. auf 760 ^{mm} B St
mit der Kugel in der Flüssigkeit, zuerst	151°,2	154,3	155,3
allmählig steigend bis	152,9	156,0	157,0

wo es sehr constant blieb. Denselben Stand zeigte das Thermometer auch noch mit der Kugel im Dampf, und es folgt also aus diesen Beobachtungen der Siedepunkt der Buttersäure für 760^{mm} B.St. zu 157°,0.

Pelouze und Gélis geben an, die Buttersäure siede gegen 164°. Vorher sagen sie, der fast constante Siedepunkt einer Mischung von Buttersäure mit Chlorcalcium und buttersaurem Kalk und etwas Farbstoff sey 164°, wenn die concentrirte Buttersäure überdestillire. Der letztere Siedepunkt ist wohl, je nach der Quantität und Qualität der Beimengungen, sehr variabel; darauf, daß die Angabe für den Siedepunkt der reinen Buttersäure eine nur annähernde seyn könne, habe ich schon früher aufmerksam gemacht; eine reine Flüssigkeit hat nicht gleichen Siedepunkt mit einer solchen, die jene Salze aufgelöst enthält.

98) Die Ausdehnung der Buttersäure habe ich in zwei Versuchsreihen untersucht.

Erste Versuchsreihe. Thermometer 9 und Dilatometer F.

No.	Temp.	Scheinb. Vol.	No.	Temp.	Scheinb. Vol.
1	12°,1	3702,5	8	51°,3	3855,9
2	16,0	3717,3	9	51,9	3858,4
3	17,8	3723,8	10	71,2	3940,2
4	22,3	3741,4	11	73,0	3946,9
5	42,8	3821,0	12	74,0	3952,1
6	48,1	3843,1	13	75,3	3957,2
7	48,7	3845,3	14	77,4	3966,3

Mit einer kleineren Quantität Buttersäure wurde dann weiter beobachtet:

15	94°,5	3726,3	—	19	132°,7	3901,5	—
16	98,1	3742,0	—	20	138,6	3930,3	+
17	98,6	3744,1	+	21	138,9	3933,1	—
18	99,2	3746,2	+	22	141,9	3947,3	+

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 4, aus 5 bis 9, aus 10 bis 14; und aus den Combinationen 15 und 19, 16 und 21, 17 und 20, und 18 und 22, so findet man für das scheinbare Volum der Buttersäure in Dilatometer *F* die Formel:

$$V = 3657,2 + 3,7094 t + 0,0022272 t^2 + 0,000019541 t^3$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,0010143 t + 0,00000060900 t^2 + 0,0000000053433 t^3 \quad (1)$$

(Lgg. 0,00616 — 3 0,78462 — 7 0,72781 — 9)

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beobacht.	berechn.			beobacht.	berechn.
1	12°,1	1,01239	1,01237	8	51°,3	1,05433	—
2	16,0	1,01643	1,01641	9	51,9	1,05501	+
3	17,8	1,01821	1,01827	10	71,2	1,07738	—
4	22,3	1,02302	1,02298	11	73,0	1,07921	+
5	42,8	1,04479	—	12	74,0	1,08063	—
6	48,1	1,05083	—	13	75,3	1,08203	+
7	48,7	1,05143	+	14	77,4	1,08452	+

Es verhalten sich die scheinbare Volume:

No.	bei	wie	zu	
			beobachtet	berechnet.
15 (—) und 19 (—)	94°,5 und 132°,7	1,10580	1,15779	1,15780
16 (—) — 21 (—)	98,1 — 138,9	1,11040	1,16711	1,16695
17 (+) — 20 (+)	98,6 — 138,6	1,11105	1,16639	1,16651
18 (+) — 22 (+)	99,2 — 141,9	1,11183	1,17151	1,17146

99) *Zweite Versuchsreihe.* Thermometer 6 und Dilatometer G.

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
1	15°,9	3906,4	7	50°,8	4051,0
2	17,7	3913,3	8	69,9	4135,8
3	22,1	3931,5	9	70,7	4138,3
4	46,5	4032,8	11	76,1	4164,1
5	49,6	4046,3	11	77,6	4170,3
6	50,4	4049,4	12	78,6	4175,2

Mit einer kleineren Quantität Buttersäure wurde weiter beobachtet:

13	83°,5	3922,5	—	17	131°,0	4146,8	+
14	84,9	3928,6	+	18	134,0	4163,5	—
15	88,1	3941,5	+	19	136,1	4174,5	+
16	129,2	4138,1	—				

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 3, aus 4 bis 7, aus 8 bis 12, und aus den Combinationen 13 und 16, 14 und 17, 13 und 18, und 15 und 19, so findet man für die scheinbare Ausdehnung der Buttersäure in Dilatometer G die Formel:

$$\mathfrak{B} = 3842,8 + 3,9567 t + 0,0017928 t^2 + 0,000021025 t^3$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00102964 t + 0,00000046653 t^2 + 0,0000000054711 t^3 \quad (2)$$

(Lgg. 0,01269 — 3 0,66888 — 7 0,73808 — 9).

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum	No.	Temp.	Scheinbares Volum
		beob. berechn			beob. berechn.
1	15°,9	1,01655 1,01651	7	50°,8	1,05418 1,05423
2	17,7	1,01835 1,01840	8	69,9	1,07625 1,07607
3	22,1	1,02308 1,02305	9	70,7	1,07690 1,07706
4	46,5	1,04944 1,04944	10	76,1	1,08361 1,08347
5	49,6	1,05296 1,05289	11	77,6	1,08522 1,08527
6	50,4	1,05376 1,05378	12	78,6	1,08650 1,08647

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.		bei	wie	zu	
				beobachtet	berechnet.
13 (—)	und 16 (—)	83°,5 und 129°,2	1,09242	1,15246	1,15262
14 (+)	- 17 (+)	84,9 - 131,0	1,09413	1,15490	1,15519
13 (—)	- 18 (—)	83,5 - 134,0	1,09242	1,15954	1,15951
15 (+)	- 19 (+)	88,1 - 136,1	1,09807	1,16298	1,16256

100) Die Formel 1), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers F , giebt für das wahre Volum der Buttersäure den Ausdruck:

$$V = 1 + 0,0010381 t + 0,00000063315 t^2 + 0,0000000053578 t^3 \quad (\text{I})$$

(Lgg. 0,01624 — 3 0,80150 — 7 0,72898 — 9)

und die Formel 2), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers G :

$$V = 1 + 0,00105412 t + 0,00000049174 t^2 + 0,0000000054825 t^3 \quad (\text{II})$$

(Lgg. 0,02289 — 3 0,69174 — 7 0,73898 — 9).

Das Mittel aus beiden ist:

$$V = 1 + 0,0010461 t + 0,00000056244 t^2 + 0,0000000054201 t^3 \quad (\text{III})$$

(Lgg. 0,01957 — 3 0,75008 — 7 0,73401 — 9).

Folgende Tabelle enthält die Endresultate beider Versuchsreihen, und das aus ihnen im Mittel folgende wahre Volum der Buttersäure:

Temperat.	Vwahres Volum.			Temperat.	Vwahres Volum.		
	I.	II.	III (Mittel)		I.	II.	III (Mitt.)
0°	1,00000	1,00000	1,00000	85°	1,09610	1,09652	1,09631
5	1,00521	1,00528	1,00525	90	1,10247	1,10285	1,10266
10	1,01045	1,01060	1,01052	95	1,10892	1,10928	1,10910
15	1,01573	1,01594	1,01583	100	1,11550	1,11581	1,11565
20	1,02105	1,02129	1,02117	105	1,12218	1,12245	1,12231
25	1,02643	1,02675	1,02659	110	1,12898	1,12920	1,12909
30	1,03185	1,03221	1,03203	115	1,13590	1,13607	1,13598
35	1,03734	1,03773	1,03754	120	1,14295	1,14304	1,14299
40	1,04287	1,04330	1,04309	125	1,15011	1,15015	1,15013
45	1,04848	1,04894	1,04871	130	1,15742	1,15739	1,15741
50	1,05416	1,05463	1,05439	135	1,16486	1,16476	1,16481
55	1,05989	1,06038	1,06013	140	1,17244	1,17226	1,17235
60	1,06573	1,06620	1,06596	145	1,18016	1,17990	1,18003
65	1,07163	1,07211	1,07187	150	1,18804	1,18768	1,18786
70	1,07761	1,07808	1,07785	155	1,19606	1,19562	1,19584
75	1,08368	1,08414	1,08391	160	1,20426	1,20371	1,20399
80	1,08984	1,09029	1,09007				

101) Das specifische Gewicht der Buttersäure fand ich (vergl. 26):

mit App. II nach älterer Bestimmung 0,9728 für 15°,0

- - II - neuerer - 0,9750 - - -

- - III 0,9740 - - -

Im Mittel 0,9739 für 15°,0; d. i.
reducirt 0,98862 für 0°.

Es fanden früher

Chevreur: 0,9675 für 25°; d. i. red.: 0,9906 für 0°

Pelouze u. Gélis: 0,963 - 15 ; - - - 0,9775 - -

Nach meiner Bestimmung des spec. Gewichts und der Ausdehnung ist das spec. Volum der Buttersäure:

bei 0° 89,012 (für A. G. H=1) od. 1112,65 (für A. G. O=100)

bei 157,0 106,74 - - - - - 1334,2 - - - - -

Ameisenholzäther (Ameisensaures Methyloxyd; $C_4H_4O_4$).

102) Ameisenholzäther bereitete ich durch Destillation von 2 Gewichtstheilen ameisensauren Natrons mit einer Mischung aus 3 Schwefelsäurehydrat und 1,5 starken, reinen Holzgeistes; der auf dem Destillat schwimmende Aether wurde mit Kalkmilch gewaschen, mit Chlorcalcium getrocknet, davon abgegossen und rectificirt. Die vom Chlorcalcium abgegossene Flüssigkeit kam bei 33°,2 in's Sieden; sie kochte vom Platinblech aus, und der Siedepunkt stieg allmählig bis 34°,2; die Flüssigkeit trübte sich, in dem Maasse als sie mehr eingengt wurde, durch Abscheidung einer Chlorcalciumverbindung. Ich unterbrach jetzt die Destillation, liefs abkühlen, setzte eine neue Quantität der vom Chlorcalcium abgegossenen Flüssigkeit hinzu, und erhitze wieder. Jetzt leitete das in der Flüssigkeit gebliebene Platinblech nicht mehr das Kochen ein; die Flüssigkeit siedete stossend, und liefs sich oft selbst bis 41° erhitzen, ohne dafs Dampfbildung stattfand. Als frisches, reines Platinblech hineingethan wurde, ging das Sieden wieder von diesem aus bei 34°,4 ruhig vor sich. (Diese Temperaturangaben sind nicht corrigirt; die Thermometerkugel tauchte immer in die Flüssigkeit.)

Von 0,6388 des Destillats ¹⁾ erhielt ich bei der Analyse 0,9425 Kohlensäure und 0,3930 Wasser; d. i.:

	Gefunden.	Berechnet nach $C_4H_4O_4$.
Kohlenstoff	40,24	40,00
Wasserstoff	6,83	6,67
Sauerstoff	52,93	53,33.

103) Bei der Siedepunktsbestimmung, (corrigirt) B.St. 741^{mm},3, zeigte Thermometer 6:

	Reduc. auf 760 ^{mm} B.St.	
mit der Kugel in der Flüssigkeit, im Anfang des Siedens	33°,1	33°,8
allmählig steigend, als fast Alles überdestillirt war	33°,5	34°,2
mit der Kugel im Dampf, sehr constant	32°,7	33°,4.

Eine Correction für die herausragende Thermometer-
röhre war nicht nöthig.

Nach diesen Beobachtungen ist also der Siedepunkt des Ameisenholzäthers für 760^{mm} B.St. 33°,4. — Dumas und Péligot geben ihn zu 36° bis 38° an.

104) Die Ausdehnung des Ameisenholzäthers bestimmte ich in zwei Versuchsreihen:

Erste Versuchsreihe. Thermometer 2 und Dilatometer B:

- 1) Ich unterlasse es, bei jeder einzelnen Aetherart etwas über ihre äußeren Eigenschaften zu sagen, da sie alle, eine wie die andere, neutrale (was stets besonders constatirt wurde), leicht bewegliche, wasserhelle Flüssigkeiten von durchdringendem Geruch sind, und da diese Angaben keine distinctiven Kennzeichen enthalten. Der Geruch ist schwer bestimmt zu charakterisiren, und Verschiedene würden ihn wohl oft verschieden angeben (Buttersäureäther riecht dem Einen wie alter Käs, dem Andern wie Ananas); so fand ich z. B. den Geruch des Ameisenholzäthers nicht an den des Essigäthers (wie angegeben wird) erinnernd, sondern an den eigenthümlichen Geruch, den ich mehrmals an Holzgeist wahrnahm, wenn er zur Reinigung aus der Chlorcalciumverbindung abgeschieden und ehe er über Aetzkalk rectificirt war.

No.	Temp.	Scheinb. Vol.	No.	Temp.	Scheinb. Vol.
1	0°,0	3593,0	7	20°,4	3697,5
2	1,8	3601,2	8	24,2	3717,8
3	5,9	3622,3	9	25,2	3724,0
4	8,6	3635,7	10	26,9	3733,8
5	13,1	3658,9	11	28,3	3741,3
6	15,9	3673,5	12	30,7	3755,3

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 3, aus 4 bis 6, aus 7 bis 9, und aus 10 bis 12, so findet man für die scheinbare Ausdehnung des Ameisenholzäthers in Dilatometer *B* die Formel:

$$\mathfrak{B} = 3592,6 + 5,0068 t - 0,0009410 t^2 + 0,0003479 t^3$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,0013936 t - 0,00000026192 t^2 + 0,000000096835 t^3 \quad (1)$$

(Lgg. 0,14414 — 3 0,41817 — 7 0,98603 — 8).

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum beob.	Scheinbares Volum berechn.	No.	Temp.	Scheinbares Volum beob.	Scheinbares Volum berechn.
1	0°,0	1,00010	1,00000	7	20°,4	1,02919	1,02914
2	1,8	1,00238	1,00251	8	24,2	1,03484	1,03495
3	5,9	1,00826	1,00824	9	25,2	1,03656	1,03650
4	8,6	1,01198	1,01202	10	26,9	1,03929	1,03918
5	13,1	1,01844	1,01843	11	28,3	1,04138	1,04142
6	15,9	1,02251	1,02248	12	30,7	1,04528	1,04533

105) *Zweite Versuchsreihe.* Thermometer 3 und Dilatometer *D*:

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
1	0°,0	4700,5	7	20°,5	4838,2
2	1,7	4710,6	8	24,0	4863,7
3	5,5	4735,2	9	25,2	4872,8
4	8,6	4756,7	11	26,8	4884,0
5	13,4	4788,4	11	28,5	4895,8
6	15,9	4806,6	12	30,9	4914,8

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 3, aus 4 bis 9, aus 7 bis 9 und aus 10 bis 12, so findet man für die scheinbare Ausdehnung des Ameisenholzäthers in Dilatometer *D* die Formel:

$$\mathfrak{B} = 4699,8 + 6,4337 t + 0,017018 t^2 - 0,00002358 t^3$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00136894 t + 0,0000036210 t^2 - 0,0000000050173 t^3 \quad (2)$$

(Lgg. 0,13638 — 3 0,55883 — 6 0,70047 — 9).

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beob.	berechn.			beob.	berechn.
1	0°,0	1,00015	1,00000	7	20°,5	1,02945	1,02954
2	1,7	1,00230	1,00234	8	24,0	1,03487	1,03487
3	5,5	1,00753	1,00764	9	25,2	1,03681	1,03672
4	8,6	1,01211	1,01204	10	26,8	1,03919	1,03919
5	13,4	1,01885	1,01898	11	28,5	1,04170	1,04183
6	15,9	1,02272	1,02266	12	30,9	1,04575	1,04561

106) Die Formel 1), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers *B*, giebt für das wahre Volum des Ameisenholzäthers den Ausdruck:

$$V = 1 + 0,0014191 t - 0,00000022635 t^2 + 0,000000096828 t^3 \quad (1)$$

(Lgg. 0,15201 — 3 0,35478 — 7 0,98600 — 8)

und die Formel 2), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers *D*:

$$V = 1 + 0,00139191 t + 0,0000036525 t^2 - 0,0000000049341 t^3 \quad (II)$$

(Lgg. 0,14361 — 3 0,56259 — 6 0,69321 — 9).

Das Mittel aus beiden ist:

$$V = 1 + 0,0014055 t + 0,0000017131 t^2 + 0,000000045947 t^3 \quad (III)$$

(Lgg. 0,14784 — 3 0,23379 — 6 0,66226 — 8).

Folgende Tabelle enthält die Endresultate beider Versuchsreihen und das aus ihnen im Mittel folgende wahre Volum für Ameisenholzäther:

Temp.	Vwabres Volum.			Temp.	Vwabres Volum		
	I.	II.	III (Mitt.)		I.	II.	III (Mitt.).
0°	1,00000	1,00000	1,00000	20°	1,02906	1,02926	1,02916
5	1,00710	1,00705	1,00707	25	1,03685	1,03700	1,03692
10	1,01427	1,01429	1,01428	30	1,04498	1,04492	1,04495
15	1,02157	1,02168	1,02162	35	1,05354	1,05298	1,05326

107) Das spec. Gewicht des Ameisenholzäthers fand ich:
mit App. I: 0,9766 für 16°,0; d. i. reduc.: 0,99835 für 0°
- - II: 0,9776 - 15,3; - - - 0,99844 - -

Im Mittel 0,99840 für 0°

Das specifische Volum des Ameisenholzäthers ist nach diesen Untersuchungen:

bei 0° 60,097 (für A. G. H=1) od. 751,20 (für A. G. O=100)
 - 33°,4 63,138 - - - - - 789,22 - - - - -

Ameisenäther (Ameisensaures Aethyloxyd; $C_6H_6O_4$).

108) Ameisenäther, welchen ich durch Destillation von 4 Theilen ameisensauren Natron mit einer Mischung aus $5\frac{1}{2}$ Schwefelsäurehydrat und $3\frac{1}{2}$ Weingeist von 88 Procent dargestellt hatte, reinigte ich durch Waschen mit Kalkmilch und Zusammenstehenlassen mit (wiederholt erneuertem) Chlorcalcium. Als die von Chlorcalcium abgossene Flüssigkeit rectificirt wurde, zeigte Thermometer 7 (corr. B. St. $754^{mm},5$).

	Corr. f. d. Scala.	Red. auf 760^{mm} B. St.
mit der Kugel im Dampf, ganz constant	$54^{\circ},9$	$55,1$
		$55,3$

0,4399 des Destillats gaben mir bei der Analyse 0,7800 Kohlensäure und 0,3255 Wasser; d. i.:

	Gefunden.	Berechnet nach $C_6H_6O_4$.
Kohlenstoff	48,36	48,65
Wasserstoff	8,22	8,11
Sauerstoff	43,42	43,24.

109) Bei der Siedepunktsbestimmung für dieses Destillat, (corr.) B. St. $754^{mm},2$, zeigte Thermometer 6:

	Corr. f. d. Scala	Reduc. auf 760^{mm} B. St.
mit der Kugel in der Flüssigkeit, schwach zitternd	$55^{\circ},9$	$56,0$
		$56,2$
mit der Kugel im Dampf, ganz constant	$54,6$	$54,7$
		$54,9$

Nach diesen Beobachtungen ist der Siedepunkt des Ameisenäthers für 760^{mm} B. St. $54^{\circ},9$. — Frühere Bestimmungen (wobei die Thermometerkugel immer in die Flüssigkeit tauchte) ergaben:

(Uncorr.) B. St. Reduc. auf 760^{mm} B. St.

Pierre	52°,9	752 ^{mm}	53°,2
Liebig	53,4	761	53,4
Kopp (früher)	55,3	750	55,7
Döbereiner	56	750	56,4
Löwig	56,2	730	57,3.

Keine dieser Bestimmungen ist meines Wissens für die herausragende Thermometerröhre corrigirt.

110) Die Ausdehnung des Ameisenäthers habe ich in zwei Versuchsreihen untersucht.

Erste Versuchsreihe. Thermometer 9 und Dilatometer A:

No.	Temp.	Scheinbares Volum.	No.	Temp.	Scheinbares Volum.
1	0°,0	6187,7	5	15°,0	6310,5
2	2,7	6208,2	6	18,3	6339,0
3	7,7	6248,9	7	22,5	6376,9
4	9,8	6266,5	8	27,7	6421,5

Mit einer kleineren Quantität Ameisenäther wurde weiter beobachtet:

9	30°,4	6192,6	16	45°,3	6326,6	+
10	31,0	6196,5	17	46,2	6337,0	—
11	31,7	6202,1	18	48,5	6358,7	—
12	32,2	6206,6	19	49,8	6370,7	+
13	39,0	6266,6	20	50,4	6375,2	+
14	39,2	6269,9	21	51,9	6391,8	—
15	40,4	6279,1	22	54,6	6416,5	+

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 4, aus 5 bis 8, aus den Combinationen 9 und 13, 10 und 14, 11 und 15, 12 und 16, und 12 und 17, und aus den Combinationen 9 und 18, 10 und 19, 11 und 20, 12 und 21, und 12 und 22, so findet man für das scheinbare Volum des Ameisenäthers in Dilatometer A die Formel:

$$v = 6186,0 + 8,3038 t - 0,0011515 t^2 + 0,00028095 t^3$$

oder, das Volum bei 0° = 1 gesetzt:

$$v = 1 + 0,00134236 t - 0,00000018614 t^2 + 0,000000045417 t^3 \quad (1)$$

$$(Lgg. \quad 0,12787 - 3 \quad 0,26985 - 7 \quad 0,65722 - 8).$$

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beobacht.	berechn.			beobacht.	berechn.
1	0°,0	1,00028	1,00000	5	15°,0	1,02013	1,02025
2	2,7	1,00359	1,00362	6	18,3	1,02473	1,02478
3	7,7	1,01017	1,01035	7	22,5	1,03086	1,03063
4	9,8	1,01301	1,01318	8	27,7	1,03807	1,03801

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.		bei	wie	zu	
				beobacht.	berechn.
9 ()	und 13 (—)	30°,4	und 39°,0	1,04192	1,05437
10 ()	- 14 (—)	31,0	- 39,2	1,04278	1,05513
11 ()	- 15 (+)	31,7	- 40,4	1,04381	1,05677
12 ()	- 16 (+)	32,2	- 45,3	1,04454	1,06473
12 ()	- 17 (—)	32,2	- 46,2	1,04454	1,06649
9 ()	- 18 (—)	30,4	- 48,5	1,04192	1,06987
10 ()	- 19 (+)	31,0	- 49,8	1,04278	1,07210
11 ()	- 20 (+)	31,7	- 50,4	1,04381	1,07294
12 ()	- 21 (—)	32,2	- 51,9	1,04454	1,07571
12 ()	- 22 (+)	32,2	- 54,6	1,04454	1,07986

111) *Zweite Versuchsreihe.* Thermometer 2 und Dilatometer *F*.

No.	Temp.	Scheinb. Vol.	No.	Temp.	Scheinb. Vol.
1	0°,0	3710,7	8	26°,8	3846,8
2	2,7	3723,0	9	35,6	3894,2
3	7,2	3746,0	10	36,3	3896,2
4	9,5	3757,1	11	41,5	3927,7
5	14,8	3784,0	12	44,0	3942,7
6	18,3	3801,7	13	45,3	3949,7
7	22,8	3825,8			

Mit einer kleineren Quantität Ameisenäther wurde weiter beobachtet:

14	32°,3	3720,1	18	46°,8	3799,1
15	32,8	3723,1	19	50,9	3822,8
16	37,7	3748,8	20	56,5	3856,5
17	39,1	3756,4	21	63,1	3896,1

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 4, aus 5 bis 8, aus 9 bis 13, und aus den Combinationen 14 und 18, 15 und 19, 16 und 20, und 17 und 21, so findet man für das scheinbare Volum des Ameisenäthers in Dilatometer *F* die Formel:

$$\mathfrak{B} = 3710,0 + 4,9676 t + 0,0014585 t^2 + 0,00012271 t^3$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,0013390 t + 0,00000039314 t^2 + 0,000000033075 t^3 \quad (2)$$

(Lgg. 0,12678 — 3 0,59454 — 7 0,51950 — 8).

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beob.	berechn.			beob.	berechn.
1	0°,0	1,00019	1,00000	8	26°,8	1,03687	1,03681
2	2,7	1,00350	1,00362	9	35,6	1,04965	—
3	7,2	1,00970	1,00967	10	36,3	1,05019	—
4	9,5	1,01270	1,01279	11	41,5	1,05869	+
5	14,8	1,01995	1,02002	12	44,0	1,06272	+
6	18,3	1,02472	1,02483	13	45,3	1,06461	—
7	22,8	1,03121	1,03112				

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.	bei	wie	zu	
			beobacht.	berechn.
14 () und 18 (—)	32°,3 und 46°,8	1,04477	1,06696	1,06692
15 () - 19 (—)	32,8 - 50,9	1,04551	1,07351	1,07353
16 () - 20 (+)	37,7 - 56,5	1,05281	1,08306	1,08287
17 () - 21 (+)	39,1 - 63,1	1,05493	1,09416	1,09437

112) Die Formel 1), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers A , giebt für das wahre Volum des Ameisenäthers den Ausdruck:

$$V = 1 + 0,00136611 t - 0,00000015426 t^2 + 0,000000045413 t^3 \quad (1)$$

(Lgg. 0,13549 — 3 0,18825 — 7 0,65718 — 8)

und die Formel 2), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers F :

$$V = 1 + 0,0013628 t + 0,00000042502 t^2 + 0,000000033084 t^3 \quad (11)$$

(Lgg. 0,13444 — 3 0,62841 — 7 0,51962 — 8).

Das Mittel aus beiden ist:

$$V = 1 + 0,00136446 t + 0,00000013538 t^2 + 0,000000039248 t^3 \quad (111)$$

(Lgg. 0,13496 — 3 0,13156 — 7 0,59382 — 8)

Folgende Tabelle giebt die Endresultate beider Versuchsreihen und das aus ihnen im Mittel folgende wahre Volum für Ameisenäther:

Temp.	Wahres Volum.			Temp.	Wahres Volum.		
	I.	II.	III (Mitt.)		I.	II.	III (Mitt.)
0°	1,00000	1,00000	1,00000	30°	1,04207	1,04216	1,04211
5	1,00684	1,00682	1,00683	35	1,04957	1,04964	1,04960
10	1,01368	1,01370	1,01369	40	1,05730	1,05731	1,05730
15	1,02060	1,02065	1,02062	45	1,06531	1,06520	1,06525
20	1,02762	1,02769	1,02766	50	1,07370	1,07334	1,07347
25	1,03476	1,03486	1,03481	55	1,08223	1,08174	1,08199

Die Ausdehnung des Ameisenäthers ist früher von Pierre untersucht worden. 1 Volum bei 0° erfüllt:

	bei 25°	bei 55°
nach meiner Formel III:	1,03481	1,08199
nach Pierre's Formel 1):	1,03502	1,08329.

113) Das specifische Gewicht des Ameisenäthers fand ich:
mit App. I 0,92544 für 15°,7
- - II 0,92548 - -

Im Mittel 0,92546 für 15°,7; d. i. reducirt: 0,94474 für 0°.

Früher bestimmten:

Pierre 0,93565 für 0°; d. i. red.: 0,93565 für 0°
Kopp (früher) 0,9188 - 17 ; - - - 0,9394 - -
Liebig 0,912 ?

Meine neuere Bestimmung differirt von der Pierre's um 1 Procent. — Ich halte meine neuere Bestimmung für genauer als meine frühere, weil die von dem Ameisenäther am schwierigsten fern zu haltende Verunreinigung, Aether, das specifische Gewicht leicht zu klein erscheinen lassen kann. Nach dieser neueren Bestimmung des specifischen Gewichts und der Ausdehnung ist das specifische Volum des Ameisenäthers:

bei 0°: 78,328 (für A.G. H=1) od. 979,10 (für A.G. O=100)
bei 54 ,9: 84,738 - - - - - 1059,2 - - - - -

Essigholzäther (essigsäures Methyloxyd; C₆H₆O₄).

114) Essigholzäther stellte ich dar durch Destillation von 7 Theilen entwässerten Bleizuckers, 1½ Holzgeist und

1) A. a. O. S 384, Pierre's Formel ist:

$$V = 1 + 0,001325204736811 t + 0,000002862484685 t^2 + 0,000000006618006 t^3.$$

$2\frac{1}{2}$ Schwefelsäurehydrat, Waschen des Destillats mit Kalkmilch, Zusammenstehenlassen mit (mit wiederholt erneuertem) Chlorcalcium, Abgießen der Flüssigkeit und Rectification derselben.

0,4813 des Destillats gaben mir bei der Analyse 0,8533 Kohlensäure und 0,3575 Wasser; d. i.:

	Gefunden.	Berechnet nach $C_6H_6O_4$.
Kohlenstoff	48,35	48,65
Wasserstoff	8,25	8,11
Sauerstoff	43,40	43,24.

115) Bei der Siedepunktsbestimmung, (corrigirt) B.St. $748^{\text{mm}},3$, zeigte Thermometer 6:

		Corr. f. d. Scala.	Reduc. auf 760^{mm} B St.
mit der Kugel in der Flüssigkeit, schwankend	$56^{\circ},3$ bis $56,5$	$56,5$ bis $56,7$	$56,9$ bis $57,1$
mit der Kugel im Dampf, constant	$55,7$	$55,9$	$56,3$.

Der Siedepunkt des Essigholzäthers liegt nach diesen Beobachtungen für 760^{mm} B.St. bei $56^{\circ},3$. Frühere Bestimmungen ergaben:

	(Uncorr.) B St.		Red. auf 760^{mm} B.St.
Kopp (früher)	$55^{\circ},7$	757^{mm} (Platin zugegen)	$55^{\circ},8$
Löwig	$56,2$	730	$57,3$
Dumas u. Pél.	58	762	$57,9$
Pierre	$59,5$	761 (Glasstücke zugeg.)	$59,5$.

Keine dieser Beobachtungen ist meines Wissens für die herausragende Thermometerröhre corrigirt; bei allen tauchte die Thermometerkugel in die Flüssigkeit.

116) Die Ausdehnung des Essigholzäthers bestimmte ich in zwei Versuchsreihen:

Erste Versuchsreihe. Thermometer 9 und Dilatometer A.

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
1	0°,0	6185,7	6	17°,6	6330,1
2	6,5	6237,2	7	18,7	6339,4
3	9,1	6258,1	8	22,5	6372,7
4	9,7	6263,0	9	23,4	6380,8
5	11,5	6278,0	10	28,0	6421,5

Mit einer kleineren Quantität des Essigäthers wurde weiter beobachtet:

11	28°,2	6192,9	19	42°,6	6324,3	—
12	29,1	6200,5	20	45,3	6349,6	+
13	29,8	6206,2	21	47,1	6366,8	—
14	32,9	6234,8	22	48,3	6377,5	—
15	33,7	6242,3	23	48,9	6382,9	+
16	37,8	6279,5	24	50,5	6399,6	+
17	38,8	6288,9	25	52,6	6418,8	+
18	39,3	6292,6				+

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 5, aus 6 bis 10, aus den Combinationen 11 und 16, 12 und 17, 13 und 18, 14 und 19 und 15 und 20, und aus den Combinationen 11 und 21, 12 und 22, 13 und 23, 14 und 24 und 15 und 25, so findet man für das scheinbare Volum des Essigholzäthers in Dilatometer A die Formel:

$$V = 6186,5 + 7,5406 t + 0,036485 t^2 - 0,00017182 t^3$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,0012189 t + 0,0000058976 t^2 - 0,000000027773 t^3 \quad (1)$$

(Lgg. 0,08597 — 3 0,77067 — 6 0,44363 — 8).

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum	No.	Temp.	Scheinbares Volum
		beob. berechn.			beob. berechn.
1	0°,0	0,99987 1,00000	6	17°,6	1,02321 1,02313
2	6,5	1,00820 1,00816	7	18,7	1,02471 1,02467
3	9,1	1,01157 1,01156	8	22,5	1,03010 1,03009
4	9,7	1,01237 1,01235	9	23,4	1,03141 1,03139
5	11,5	1,01479 1,01476	10	28,0	1,03799 1,03814

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.		bei	wie	zu	
				beobacht.	berechnet
11 ()	und 16 (—)	28°,2 und 37°,8	1,03844	1,05296	1,05300
12 ()	- 17 (—)	29,1 - 38,8	1,03978	1,05460	1,05455
13 ()	- 18 (+)	29,8 - 39,3	1,04083	1,05532	1,05532
14 ()	- 19 (—)	32,9 - 42,6	1,04549	1,06050	1,06048
15 ()	- 20 (+)	33,7 - 45,3	1,04672	1,06471	1,06474
11 ()	- 21 (—)	28,2 - 47,1	1,03844	1,06760	1,06759
12 ()	- 22 (—)	29,1 - 48,3	1,03978	1,06946	1,06950
13 ()	- 23 (+)	29,8 - 48,9	1,04083	1,07046	1,07045
14 ()	- 24 (+)	32,9 - 50,5	1,04549	1,07312	1,07301
15 ()	- 25 (+)	33,7 - 52,6	1,04672	1,07632	1,07639

117) *Zweite Versuchsreihe.* Thermometer 2 und Dilatometer *F*.

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
1	0°,0	3714,7	9	23°,2	3829,9
2	4,2	3735,1	10	27,7	3854,1
3	5,8	3742,3	11	35,7	3898,0
4	10,3	3764,0	12	36,0	3899,6
5	11,7	3771,3	13	42,4	3936,3
6	17,5	3800,9	14	44,0	3945,3
7	18,5	3806,6	15	44,4	3947,7
8	22,3	3825,2			

Mit einer kleineren Quantität Essigholzäther wurde weiter beobachtet:

16	29°,6	3730,7	21	51°,3	3851,0
17	30,0	3732,3	22	52,9	3861,1
18	31,5	3740,0	23	54,2	3867,9
19	32,2	3744,1	24	54,3	3868,7
20	33,1	3749,2	25	62,3	3917,7

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 5, aus 6 bis 10, aus 11 bis 15, und aus den Combinationen 16 und 21, 17 und 22, 18 und 23, 19 und 24 und 20 und 25, so findet man für das scheinbare Volum des Essigholzäthers in Dilatometer *F* die Formel:

$$v = 3714,4 + 4,7893 t + 0,007195 t^2 + 0,000075437 t^3$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,0012894 t + 0,0000019370 t^2 + 0,000000020309 t^3 \quad (2)$$

$$(Lgg. \quad 0,11038 - 3 \quad 0,28714 - 6 \quad 0,30769 - 8)$$

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beob.	berechn.			beob.	berechn.
1	0°,0	1,00008	1,00000	9	23°,2	1,03110	1,03120
2	4,2	1,00557	1,00541	10	27,7	1,03761	1,03764
3	5,8	1,00751	1,00755	11	35,7	1,04943	—
4	10,3	1,01335	1,01351	12	36,0	1,04986	+
5	11,7	1,01532	1,01539	13	42,4	1,05974	—
6	17,5	1,02329	1,02326	14	44,0	1,06216	+
7	18,5	1,02482	1,02464	15	44,4	1,06281	+
8	22,3	1,02983	1,02994				

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.		bei	wie	zu	
				beobacht.	berechn.
16 ()	und 21 (—)	29°,6	und 51°,3	1,04040	1,07395
17 ()	- 22 (—)	30,0	- 52,9	1,04097	1,07691
18 ()	- 23 (+)	31,5	- 54,2	1,04317	1,07884
19 ()	- 24 (+)	32,2	- 54,3	1,04424	1,07899
20 ()	- 25 (+)	33,1	- 62,3	1,04554	1,09253

118) Die Formel 1), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers *A*, giebt für das wahre Volum des Essigholzäthers den Ausdruck:

$$V = 1 + 0,0012426 t + 0,0000059266 t^2 - 0,000000027633 t^3 \quad (I)$$

(Lgg. 0,09433 — 3 0,77280 — 6 0,44143 — 8)

und die Formel 2), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers *F*:

$$V = 1 + 0,0013132 t + 0,0000019677 t^2 + 0,000000020355 t^3 \quad (II)$$

(Lgg. 0,11833 — 3 0,29396 — 6 0,30867 — 8).

Das Mittel aus beiden ist:

$$V = 1 + 0,0012779 t + 0,0000039471 t^2 - 0,000000003639 t^3 \quad (III)$$

(Lgg. 0,10650 — 3 0,59628 — 6 0,56098 — 9).

Folgende Tabelle enthält die Endresultate beider Versuchsreihen, und das aus ihnen im Mittel folgende wahre Volum für Essigholzäther:

Temp.	Wahres Volum.			Temp.	Wahres Volum.		
	I.	II.	III. (Mitt.)		I.	II.	III. (Mitt.)
0°	1,00000	1,00000	1,00000	30°	1,04186	1,04172	1,04179
5	1,00636	1,00662	1,00649	35	1,04957	1,04924	1,04940
10	1,01299	1,01335	1,01317	40	1,05741	1,05698	1,05719
15	1,01988	1,02021	1,02004	45	1,06541	1,06492	1,06517
20	1,02700	1,02721	1,02710	50	1,07350	1,07312	1,07331
25	1,03433	1,03438	1,03435	55	1,08167	1,08156	1,08161

Die Ausdehnung des Essigholzäthers ist früher von Pierre untersucht worden. 1 Volum bei 0° erfüllt:

	bei 25°	bei 55°
nach meiner Formel III	1,03435	1,08161
nach Pierre's Formel 1)	1,03429	1,08079.

119) Das spec. Gewicht des Essigholzäthers fand ich:

mit App. I 0,9373 für 15°,6

- - II 0,9374 - - -

Im Mittel 0,93735 für 15°,6; d. i. red.: 0,95620 für 0°.

Frühere Bestimmungen sind:

Dumas u. Pél. 0,919 für 22°; d. i. red.: 0,9447 für 0°.

Kopp (früher) 0,9085 - 21 ; - - - 0,9328 - -

Pierre 0,8668 - 0 ; - - - 0,8668 - -

Meine neuere Bestimmung differirt von der Dumas's und Péligot's um 1,3, von meiner früheren um 2,5 Procent. Pierre's Angabe ist von allen anderen so verschieden, daß nicht wohl zu glauben ist, die von ihm angegebene Zahl sey richtig. Ich vermuthe, daß hier ein Irrthum in der Aufzeichnung der Beobachtung stattgefunden hat.

Nach meiner neueren Bestimmung des specifischen Gewichts und der Ausdehnung ist das specifische Volum des Essigholzäthers:

bei 0° 77,390 (für A.G.H=1) od. 967,36 (für A.G.O=100)
- 56 ,3 83,872 - - - - - 1048,4 - - - - -

Essigäther (Essigsaures Aethyloxyd; $C_8H_8O_4$).

120) Essigäther bereitete ich durch Destillation von 10 Th. entwässerten Bleizuckers mit 4 Th. Alkohol und 4 Th Schwefelsäurehydrat. Das Destillat wurde mit Kalkmilch und wiederholt mit sehr vielem Wasser gewaschen, mit öfters erneuertem Chlorcalcium zusammengestellt, abgegossen, recti-

1) A. a. O. Seite 387. Pierre's Formel ist:

$$V = 1 + 0,001295954262601 t + 0,000002903820130 t^2 + 0,000000004256971 t^3.$$

ficirt, der zuerst übergehende Theil, welcher Aether enthalten könnte, besonders aufgefangen, was hernach überging wiederum mit Chlorcalcium zusammengebracht, abgossen und rectificirt.

Von 0,3807 des Destillats erhielt ich bei der Analyse 0,7568 Kohlensäure und 0,3263 Wasser; d. i.:

	Gefunden.	Berechnet nach $C_8H_8O_4$.
Kohlenstoff	54,22	54,55
Wasserstoff	9,52	9,09
Sauerstoff	36,26	36,36.

121) Bei der Siedepunktsbestimmung, (corrig.) B.St. 744^{mm},9, zeigte Thermometer 6:

	Corr. f. d. Scala	Reduc. auf 760 ^{mm} B.St.
mit der Kugel in der Flüssigkeit sowohl, als in dem Dampf	73°,4 73,7	74,3.

Der Siedepunkt des Essigäthers ist hiernach für 760^{mm} B.St. 74°,3. Frühere Bestimmungen sind:

	(Uncorr.) B.St.	Red. auf 760 ^{mm} B.St.
Thénard	71° 750 ^{mm}	71°,4
Dumas und Boullay	74 760	74.

Bei diesen Beobachtungen tauchte die Thermometerkugel in die Flüssigkeit; keine der Angaben ist für die herausragende Thermometerröhre corrigirt.

122) Ueber die Ausdehnung des Essigäthers habe ich zwei Versuchsreihen angestellt.

Erste Versuchsreihe. Thermometer 3 und Dilatometer E:

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
1	0°,0	4679,6	7	22°,7	4817,1
2	4,8	4706,4	8	24,9	4831,2
3	6,1	4714,0	9	27,2	4846,7
4	10,1	4739,3	10	32,7	4883,0
5	13,6	4760,6	11	33,1	4884,5
6	18,9	4793,1	12	37,1	4911,8

Mit einer kleineren Quantität Essigäther wurde weiter beobachtet:

No.	Temp.	Scheinb. Vol.		No.	Temp.	Scheinb. Vol.	
13	41°,1	4708,6	—	21	63°,4	4864,8	+
14	42,4	4717,4	—	22	63,4	4865,2	+
15	44,9	4733,4	+	23	67,5	4896,3	—
16	45,1	4735,2	—	24	68,4	4902,5	—
17	45,5	4737,6	+	25	69,1	4907,7	+
18	55,2	4806,1	—	26	70,1	4915,0	+
19	56,7	4815,7	+	27	71,7	4927,9	+
20	57,4	4821,3	—				

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 6, aus 7 bis 12, aus den Combinationen 13 und 18, 14 und 20, 15 und 21, 16 und 20, 17 und 22 und 15 und 19, und aus den Combinationen 13 und 23, 14 und 24, 15 und 25, 16 und 24, 17 und 26, und 17 und 27, so findet man für das scheinbare Volum des Essigäthers in Dilatometer *E* die Formel:

$$v = 4679,5 + 5,7173 t + 0,0145254 t^2 + 0,000017614 t^3$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00122177 t + 0,0000031041 t^2 + 0,0000000037640 t^3 \quad (1)$$

(Lgg. 0,08699 — 3 0,49193 — 6 0,57565 — 9).

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beob.	berechn.			beob.	berechn.
1	0°,0	1,00002	1,00000	7	22°,7	1,02940	1,02937
2	4,8	1,00575	1,00594	8	24,9	1,03242	1,03240
3	6,1	1,00737	1,00757	9	27,2	1,03573	1,03561
4	10,1	1,01278	1,01266	10	32,7	1,04349	—
5	13,6	1,01733	1,01720	11	33,1	1,04381	+
6	18,9	1,02428	1,02423	12	37,1	1,04964	+

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.		bei		wie		zu	
						beobacht.	berechn.
13 (—)	und 18 (—)	41°,1	und 55°,2	1,05571		1,07757	1,07753
14 (—)	— 20 (—)	42,4	— 57,4	1,05767		1,08096	1,08107
15 (+)	— 21 (+)	44,9	— 63,4	1,06146		1,09093	1,09090
16 (—)	— 20 (—)	45,1	— 57,4	1,06176		1,08106	1,08107
17 (+)	— 22 (+)	45,5	— 63,4	1,06237		1,09098	1,09090
15 (+)	— 19 (+)	44,9	— 56,7	1,06146		1,07992	1,07794
13 (—)	— 23 (—)	41,1	— 67,5	1,05571		1,09779	1,09777
14 (—)	— 24 (—)	42,4	— 68,4	1,05767		1,09917	1,09929
15 (+)	— 25 (+)	44,9	— 69,1	1,06146		1,10055	1,10048
16 (—)	— 24 (—)	45,1	— 68,4	1,06176		1,09927	1,09929
17 (+)	— 26 (+)	45,5	— 70,1	1,06237		1,10215	1,10220
17 (+)	— 27 (+)	45,5	— 71,7	1,06237		1,10504	1,10495

123) Zweite Versuchsreihe. Thermometer 9 und Dilatometer D.

No.	Temp.	Scheinb. Vol.	No.	Temp.	Scheinb. Vol.
1	0°,0	4691,0	7	22°,5	4827,5
2	4,7	4717,8	8	24,7	4841,4
3	6,0	4725,9	9	26,9	4856,1
4	10,1	4750,1	10	34,7	4908,4
5	13,8	4771,9	11	38,6	4934,6
6	18,9	4804,0	12	39,4	4939,9

Mit einer kleineren Quantität Essigäther wurde weiter beobachtet:

13	41°,5	4705,3	—	22	58°,5	4822,9	+
14	42,2	4710,5	—	23	62,3	4850,1	+
15	45,7	4732,2	+	24	64,1	4861,9	+
16	46,5	4737,7	—	25	66,1	4879,6	—
17	47,0	4741,4	+	26	67,4	4887,9	+
18	48,4	4752,1	+	27	69,9	4909,6	—
19	54,0	4790,2	—	28	72,7	4929,7	—
20	55,9	4804,5	—	29	72,8	4929,6	+
21	57,7	4817,8	—	30	74,8	4944,8	+

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 6, aus 7 bis 12, aus den Combinationen 13 und 19, 14 und 20, 15 und 22, 16 und 21, 17 und 23 und 18 und 24, und aus den Combinationen 13 und 25 14 und 27, 15 und 26, 16 und 28, 17 und 29 und 18 und 30, so findet man für das scheinbare Volum des Essigäthers in Dilatometer *D* die Formel:

$$V = 4689,1 + 6,0001 t + 0,0057248 t^2 + 0,00092512 t^3$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00127959 t + 0,0000012209 t^2 + 0,00000019729 t^3 \quad (2)$$

(Lgg. 0,10707 — 3 0,08667 — 6 0,29511 — 8).

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beob.	berechn.			beob.	berechn.
1	0°,0	1,00041	1,00000	7	22°,5	1,02952	1,02964
2	4,7	1,00612	1,00604	8	24,7	1,03248	1,03265
3	6,0	1,00785	1,00772	9	26,9	1,03561	1,03568
4	10,1	1,01301	1,01307	10	34,7	1,04677	1,04669
5	13,8	1,01766	1,01794	11	38,6	1,05236	1,05234
6	18,9	1,02450	1,02475	12	39,4	1,05349	1,05352

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.		bei	wie	zu	
				beobacht.	berechn.
13 (—)	und 19 (—)	41°,5 und 54°,0	1,05661	1,07567	1,07577
14 (—)	- 20 (—)	42,2 - 55,9	1,05765	1,07876	1,07880
15 (+)	- 22 (+)	45,7 - 58,5	1,06291	1,08328	1,08300
16 (—)	- 21 (—)	46,5 - 57,7	1,06412	1,08211	1,08168
17 (+)	- 23 (+)	47,0 - 62,3	1,06489	1,08930	1,08923
18 (+)	- 24 (+)	48,4 - 64,1	1,06703	1,09168	1,09224
13 (—)	- 25 (—)	41,5 - 66,1	1,05661	1,09575	1,09561
14 (—)	- 27 (—)	42,2 - 69,9	1,05765	1,10235	1,10215
15 (+)	- 26 (+)	45,7 - 67,4	1,06291	1,09788	1,09783
16 (—)	- 28 (—)	46,5 - 72,7	1,06412	1,10724	1,10706
17 (+)	- 29 (+)	47,0 - 72,8	1,06489	1,10716	1,10723
18 (+)	- 30 (+)	48,4 - 74,8	1,06703	1,11030	1,11080

124) Die Formel 1), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers *E*, giebt für das wahre Volum des Essigäthers den Ausdruck:

$$V = 1 + 0,00124505 t + 0,0000031325 t^2 + 0,000000038363 t^3 \quad (I)$$

(Lgg. 0,09519 — 3 0,49589 — 6 0,58391 — 9)

und die Formel 2), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers *D*:

$$V = 1 + 0,00130256 t + 0,0000012503 t^2 + 0,000000019757 t^3 \quad (II)$$

(Lgg. 0,11479 — 3 0,09701 — 6 0,29572 — 8).

Das Mittel aus beiden ist:

$$V = 1 + 0,0012738 t + 0,0000021914 t^2 + 0,000000011797 t^3 \quad (III)$$

(Lgg. 0,10510 — 3 0,34072 — 6 0,07177 — 8).

Folgende Tabelle giebt die Endresultate der beiden Versuchsreihen und das aus ihnen im Mittel folgende wahre Volum für Essigäther:

Temp.	Wahres Volum.			Temp.	Wahres Volum.		
	I.	II.	III. (Mitt.)		I.	II.	III. (Mitt.)
0°	1,00000	1,00000	1,00000	40°	1,05506	1,05536	1,05521
5	1,00631	1,00654	1,00642	45	1,06272	1,06294	1,06283
10	1,01276	1,01318	1,01297	50	1,07056	1,07073	1,07064
15	1,01939	1,01989	1,01964	55	1,07860	1,07871	1,07865
20	1,02618	1,02671	1,02644	60	1,08681	1,08692	1,08686
25	1,03315	1,03365	1,03340	65	1,09521	1,09537	1,09529
30	1,04027	1,04074	1,04050	70	1,10382	1,10409	1,10395
35	1,04758	1,04797	1,04778	75	1,11262	1,11305	1,11284

125) Das specifische Gewicht des Essigäthers fand ich:

mit App. I	0,89260 für 15°,9; d. i. reducirt: 0,91048 für 0°
- - II	0,89277 - 15°,7; - - - 0,91044 - -
<hr/>	
Im Mittel	0,91046 für 0°

Frühere Bestimmungen sind:

Thénard 0,866 für 7°; d. i. reducirt: 0,874 für 0°

Liebig 0,89 - 15; - - - 0,907 - -

Thénard's Beobachtung wurde wahrscheinlich an einem Präparat gemacht, welches mit Aether verunreinigt war.

Nach meiner Bestimmung des specifischen Gewichts und der Ausdehnung ist das specifische Volum des Essigäthers:
bei 0°: 96,654 (für A.G. H=1) od. 1208,2 (für A.G. O=100)
bei 74°,3: 107,44 - - - - - 1343,0 - - - - -

Butterholzäther ¹⁾ (buttersaures Methyloxyd; $C_{10}H_{10}O_4$).

126) Butterholzäther bereitete ich durch Destillation von buttersaurem Natron mit eben so viel Schwefelsäure und halb so viel Holzgeist; das zuerst Uebergehende wurde wiederholt zurückgegossen, sodann dem Destillat Wasser zugesetzt, der oben aufschwimmende Aether mit Kalkmilch gewaschen und mit Chlorcalcium getrocknet. Die von dem Chlorcalcium abgegossene Flüssigkeit kam bei 85° in's Sieden; der Siedepunkt stieg rasch bis 91,3, von wo an er sich nur langsam änderte. Das Thermometer zeigte 92,1, als die Kugel desselben frei von Flüssigkeit geworden war, und stieg dann noch (die Kugel im Dampf) bis 94°,5, wo es sich sehr constant erhielt. (Diese Angaben sind weder corrigirt für die herausragende Thermometerröhre, noch für den B.St.)

0,2976 des Destillats gaben mir bei der Analyse 0,6314 Kohlensäure und 0,2601 Wasser; d. i.:

	Gefunden.	Berechnet nach $C_{10}H_{10}O_4$.
Kohlenstoff	57,86	58,82
Wasserstoff	9,71	9,80
Sauerstoff	32,43	31,38.

1) Die drei Flüssigkeiten, deren Untersuchung jetzt folgt, standen mir nur

127) Bei der Siedepunktsbestimmung dieses Destillats, (corrigirt) B.St. 736^{mm},4, zeigte Thermometer 6 successive:

		Corr. f. d. Scala.	Reduc. auf 760 ^{mm} B. St.
mit der Kugel in der Flüssigkeit, bei anfangendem Sieden	85°,7	86°,2	87°,1
rasch steigend bis	90,4	91,0	91,9
dann sehr langsam steigend bis	91,3	91,9	92,8
mit der Kugel halb im Dampf	92,6	93,2	94,1
mit der Kugel ganz im Dampf, sehr constant	94,3	95,0	95,9.

Nach diesen Beobachtungen ist der Siedepunkt des Butterholzäthers für 760^{mm} B.St. zu 95°,9 zu setzen. Pelouze und Gélis Angabe, er sey gegen 102°, ist zu hoch.

128) Die Ausdehnung des Butterholzäthers habe ich in zwei Versuchsreihen untersucht.

Erste Versuchsreihe. Thermometer 3 und Dilatometer B:

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
1	7°,1	3569,8	6	40°,7	3721,3
2	8,3	3574,9	7	50,2	3768,6
3	13,4	3596,4	8	51,8	3776,4
4	21,5	3632,3	9	55,6	3795,9
5	38,5	3710,6	—		

Mit einer kleineren Quantität Butterholzäther wurde weiter beobachtet:

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
10	51°,0	3604,6	18	75°,0	3727,7
11	52,1	3610,2	19	83,7	3775,2
12	53,5	3616,8	20	85,6	3786,5
13	54,3	3620,9	21	86,0	3789,0
14	60,9	3654,0	22	86,2	3790,2
15	71,3	3707,7	23	87,3	3796,0
16	72,5	3713,5	24	87,6	3797,7
17	74,6	3725,4	25	88,0	3800,7

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die ~~Summen~~ der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 4, aus 5 bis 9, aus den

in verhältnißmäßig kleiner Quantität zu Gebot, und ich konnte deshalb eine Reinigung durch fractionirte Destillation, wie sie wünschenswerth gewesen wäre, nicht vornehmen.

Combinationen 10 und 15, 11 und 17, 12 und 19, 13 und 16, 14 und 18, und aus den Combinationen 10 und 20, 11 und 21, 12 und 22, 13 und 23, 14 und 24, und 14 und 25, so findet man für das scheinbare Volum des Buterholzäthers in Dilatometer *B* die Formel:

$$V = 3539,2 + 4,2258 t + 0,004309 t^2 + 0,0004739 t^3$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00119403 t + 0,0000012175 t^2 + 0,000000013390 t^3 \quad (1)$$

(Lgg. 0,07701 — 3 0,08548 — 6 0,12679 — 8).

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beob.	berechn.			beob.	berechn.
1	7°,1	1,00865	1,00854	6	40°,7	1,05145	1,05152
2	8,3	1,01009	1,01000	7	50,2	1,06482	1,06470
3	13,4	1,01616	1,01625	8	51,8	1,06702	1,06698
4	21,5	1,02631	1,02636	9	55,6	1,07253	1,07245
5	38,5	1,04843	1,04853				

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.	bei	wie	zu	
			beobacht.	berechn.
10 (—) und 15 (—)	51°,0 und 71°,3	1,06584	1,09633	1,09617
11 (—) — 17 (—)	52,1 — 74,6	1,06740	1,10146	1,10141
12 (—) — 19 (—)	53,5 — 83,7	1,06941	1,11625	1,11632
13 (+) — 16 (+)	54,3 — 72,5	1,07057	1,09795	1,09807
14 (+) — 18 (+)	60,9 — 75,0	1,08026	1,10205	1,10205
10 (—) — 20 (—)	51,0 — 85,6	1,06584	1,11963	1,11953
11 (—) — 21 (—)	52,1 — 86,0	1,06740	1,12026	1,12021
12 (—) — 22 (—)	53,5 — 86,2	1,06941	1,12068	1,12055
13 (+) — 23 (+)	54,3 — 87,3	1,07057	1,12238	1,12243
14 (+) — 24 (+)	60,9 — 87,6	1,08026	1,12274	1,12293
14 (+) — 25 (+)	60,9 — 88,0	1,08026	1,12363	1,12363

129) *Zweite Versuchsreihe.* Thermometer 2 und Dilatometer *C*:

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
1	6°,9	3906,8	6	38°,4	4061,6
2	8,1	3912,1	7	50,5	4126,2
3	13,1	3935,5	8	52,7	4138,5
4	21,3	3974,9	9	57,1	4163,7
5	37,5	4055,9			

Mit einer kleineren Quantität Butterholzäther wurde weiter beobachtet:

No.	Temp.	Scheinb. Volum.		No.	Temp.	Scheinb. Volum.	
10	50°,7	3926,8	—	19	72°,9	4051,4	+
11	52,9	3939,4	—	20	76,3	4070,7	+
12	54,0	3944,4	—	21	85,5	4126,1	—
13	54,8	3949,2	+	22	86,7	4133,8	+
14	61,2	3984,2	+	23	90,2	4156,9	—
15	71,2	4040,8	—	24	92,1	4168,8	—
16	71,6	4043,3	—	25	92,2	4169,2	+
17	72,4	4048,1	—	26	92,3	4169,4	+
18	72,7	4049,6	+	27	94,6	4184,2	+

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 4, aus 5 bis 9, aus den Combinationen 10 und 16, 11 und 17, 12 und 21, 13 und 19, 14 und 20 und 14 und 22, und aus den Combinationen 10 und 21, 11 und 23, 15 und 24, 13 und 25, 14 und 26 und 18 und 27, so findet man für das scheinbare Volum des Butterholzäthers in Dilatometer C die Formel:

$$v = 3875,6 + 4,4463 t + 0,0090864 t^2 + 0,000023952 t^3$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00114726 t + 0,0000023445 t^2 + 0,0000000061801 t^3 \quad (2)$$

(Lgg. 0,05966 — 3 0,37005 — 6 0,79100 — 9).

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum			No.	Temp.	Scheinbares Volum		
		beobacht.		berechn.			beobacht.		berechn.
1	6°,9	1,00805		1,00803	6	38°,4	1,04799	+	1,04786
2	8,1	1,00942		1,00944	7	50,5	1,06466	—	1,06472
3	13,1	1,01546		1,01544	8	52,7	1,06783	+	1,06787
4	21,3	1,02562		1,02556	9	57,1	1,07434	+	1,07430
5	37,5	1,04652	—	1,04665					

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.		bei	wie	zu	
				beobacht.	berechnet
10 (—)	und 16 (—)	50°,7 und 71°,6	1,06501	1,09661	1,09643
11 (—)	- 17 (—)	52,9 - 72,4	1,06816	1,09763	1,09770
12 (—)	- 21 (—)	54,0 - 85,5	1,06976	1,11904	1,11909
13 (+)	- 19 (+)	54,8 - 72,9	1,07093	1,09864	1,09850
14 (+)	- 20 (+)	61,2 - 76,3	1,08041	1,10387	1,10392

No.			bei		wie	zu	
						beobach.	berechn.
14	(+)	und 22 (+)	61°,2	und 86°,7	1,08041	1,12098	1,12112
10	(-)	- 21 (-)	50,7	- 83,5	1,06501	1,11906	1,11909
11	(-)	- 23 (-)	52,9	- 90,2	1,06816	1,12713	1,12710
15	(-)	- 24 (-)	71,2	- 92,1	1,09580	1,13051	1,13038
13	(+)	- 25 (+)	54,8	- 92,2	1,07093	1,13059	1,13055
14	(+)	- 26 (+)	61,2	- 92,3	1,08041	1,13063	1,13072
18	(+)	- 27 (+)	72,7	- 94,6	1,09816	1,13466	1,13474

130) Die Formel 1), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers *B*, giebt für das wahre Volum des Butterholzäthers den Ausdruck:

$$V = 1 + 0,00121956 t + 0,0000012480 t^2 + 0,000000013421 t^3 \quad (I)$$

(Lgg. 0,08620 — 3 0,09621 — 6 0,12778 — 8)

und die Formel 2), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers *G*:

$$V = 1 + 0,00117174 t + 0,0000023726 t^2 + 0,0000000062375 t^3 \quad (II)$$

(Lgg. 0,06883 — 3 0,37522 — 6 0,79502 — 9).

Das Mittel aus beiden ist:

$$V = 1 + 0,00119565 t + 0,0000018103 t^2 + 0,0000000098292 t^3 \quad (III)$$

(Lgg. 0,07760 — 3 0,25775 — 6 0,99252 — 9).

Folgende Tabelle enthält die Endresultate beider Versuchsreihen und das aus ihnen im Mittel folgende wahre Volum für Butterholzäther:

Temp.	Vwahres Volum.			Temp.	Vwahres Volum		
	I.	II.	III (Mitt.)		I.	II	III (Mitt.).
0°	1,00000	1,00000	1,00000	55°	1,07308	1,07266	1,07287
5	1,00613	1,00592	1,00603	60	1,08056	1,08019	1,08037
10	1,01234	1,01197	1,01216	65	1,08823	1,08789	1,08806
15	1,01862	1,01813	1,01837	70	1,09608	1,09579	1,09594
20	1,02500	1,02443	1,02471	75	1,10415	1,10385	1,10400
25	1,03148	1,03077	1,03113	80	1,11242	1,11211	1,11226
30	1,03807	1,03746	1,03776	85	1,12092	1,12057	1,12074
35	1,04479	1,04419	1,04449	90	1,12965	1,12923	1,12944
40	1,05164	1,05107	1,05135	95	1,13863	1,13807	1,13835
45	1,05863	1,05810	1,05836	100	1,14786	1,14714	1,14750
50	1,06578	1,06530	1,06554				

131) Das spec. Gewicht des Butterholzäthers fand ich:
mit App. I 0,9046 für 15°,5
- - II 0,9044 - - -

Im Mittel 0,9045 für 15°,5; d. i. reduc.: 0,92098 für 0°.

Hiernäch ist das specifische Volum des Butterholzäthers:
 bei 0° 110,75 (für A. G. H=1) od. 1384,4 (für A. G. O=100)
 - 95°,9 126,26 - - - - - 1578,2 - - - - -

Butteräther (Buttersaures Aethyloxyd; $C_{12}H_{12}O_4$).

132) Butteräther bereitete ich nach Pelouze und Gé-
 li's Methode, durch Mischen von Weingeist, Buttersäure
 und Schwefelsäurehydrat. Aufser dem unmittelbar sich oben
 abscheidenden Butteräther erhält man noch etwas desselben
 durch fractionirte Destillation der unteren Schicht Flüssig-
 keit. — Der so erhaltene Butteräther wurde mit Kalkmilch
 gewaschen, mit (wiederholt erneuertem) Chlorcalcium ge-
 trocknet, abgegossen und rectificirt. Das Sieden begann
 bei 96°; das Thermometer stieg schnell bis 109°,4, und än-
 derte dann seinen Stand nur langsam. Was jetzt übergeng
 wurde besonders aufgefangen. Als die Flüssigkeit im Destil-
 lationsgefäfs sich so weit verringert hatte, dafs die Kugel
 des Thermometers sich im Dampf befand, zeigte dieses 112°,6.
 (Diese Temperaturangaben sind weder für die herausra-
 gende Thermometerröhre noch für den B.St. corrigirt.)

0,5262 des bei einer höheren Temperatur als 109°,4
 übergegangenen Destillats gaben mir bei der Analyse 1,1780
 Kohlensäure und 0,4855 Wasser; d. i.:

	Gefunden.	Berechnet nach $C_{12}H_{12}O_4$.
Kohlenstoff	61,06	62,07
Wasserstoff	10,25	10,34
Sauerstoff	28,69	27,59.

133) Bei der Siedepunktsbestimmung für dieses Destil-
 lat, (corr.) B. St. 755^{mm},9, zeigte Thermometer 6 successive:

Corr. f. d. Reduc. auf
 Scala 760^{mm} B. St.

mit der Kugel in der Flüssigkeit, bei an-
 fangendem Sieden

106°,2 107°,3 107°,5

rasch steigend bis

110,9 112,0 112,2

wo es anscheinend constant blieb;

bei längerem Sieden stieg es aber

noch langsam, und zeigte bei der letzten Beobachtung	113°,0	114°,1	114°,3
dann, als noch mehr Flüssigkeit abdestillirt war,			
mit der Kugel im Dampf	113,5	114,6	114,8.

Lerch und Pelouze und Gélis geben als den Siedepunkt des Butteräthers (wohl ohne alle Correction) 110° an. Diese Angabe erinnert an diejenige unter den obigen Beobachtungen, wo der Siedepunkt constant zu seyn schien, aber es nicht war. — Nach den vorstehenden Versuchen ist der Siedepunkt des Butteräthers für 760^{mm} B. St. 114°,8.

134) Ueber die Ausdehnung des Butteräthers habe ich viele Versuche angestellt, ohne zu einem ganz genügenden Resultat zu kommen. Ich will hier nur diejenigen specieller mittheilen, welche mir der Wahrheit sich am meisten zu nähern scheinen. Uebrigens zeigt wohl gerade das Folgende, wie nützlich es ist, sich nie mit Einer Versuchsreihe zu begnügen, sondern mehrere von einander ganz unabhängige anzustellen; man nimmt so Fehlerquellen wahr, die bei Einer Versuchsreihe verborgen geblieben wären.

Bei einer ersten Versuchsreihe über die Ausdehnung des eben besprochenen Destillats machte ich (mit Thermometer 9 und Dilatometer G) 21 Beobachtungen für Temperaturen zwischen 11° und 104°; vollständig berechnet, gaben diese die (für die Glasausdehnung corrigirte) Formel:

$$V = 1 + 0,00124459 t + 0,00000083709 t^2 + 0,000000012234 t^3 \quad (1)$$

(Lgg. 0,09503 — 3 0,92278 — 7 0,08757 — 8)

nach welcher V für 50° = 1,06585, für 90° = 1,12772, für 115° = 1,17281.

Bei einer zweiten Versuchsreihe bildete sich, als die Temperatur auf etwa 100° gestiegen war, in der Dilatometerkugel ein Dampfbläschen (es war das einzige Mal, dafs dieses statt hatte). Ich liess deshalb alle hier angestellten Versuche unberechnet.

Bei einer dritten Versuchsreihe machte ich (mit Thermometer 3 und Dilatometer E) 21 Beobachtungen für Temperaturen zwischen 13° und 104°; vollständig berechnet,

gaben diese die (für die Glasausdehnung corrigirte) Formel:

$$V = 1 + 0,00126628 t + 0,00000063615 t^2 + 0,00000018423 t^3 \quad (\text{III})$$

(Lgg. 0,10253 — 3 0,80356 — 8 0,26536 — 8).

nach welcher V für $50^\circ = 1,06577$, für $90^\circ = 1,12792$, für $115^\circ = 1,17448$.

Da diese beiden Formeln zu verschiedene Resultate für das Volum in der Nähe des Siedepunkts gaben, stellte ich eine vierte Versuchsreihe an (mit Thermometer 8 und Dilatometer B). 20 Beobachtungen für Temperaturen zwischen 10° und 106° gaben, vollständig berechnet, die (für die Glasausdehnung corrigirte) Formel:

$$V = 1 + 0,00112504 t + 0,0000027816 t^2 + 0,000000026336 t^3 \quad (\text{IV})$$

(Lgg. 0,05117 — 3 0,44430 — 6 0,42055 — 9)

nach welcher V für $50^\circ = 1,06353$; für $90^\circ = 1,12570$; für $115^\circ = 1,17018$.

Ogleich bei der Ableitung jeder Formel die Beobachtungen und die Berechnungen sehr genügend stimmten, differirten also doch die Endresultate so bedeutend, daß eine Fehlerquelle vorhanden seyn mußte. Die Beobachtungen über den Siedepunkt und die bei der zweiten Versuchsreihe wahrgenommene Bildung eines Dampfbläschens leiteten auf die Vermuthung, daß dem Butteräther eine flüchtigere Substanz (wahrscheinlich Aether) beigemischt sey, die durch Erhitzung bis zu 110° noch nicht vollständig davon geschieden worden war. Je nachdem bei der Füllung eines Dilatometers die Flüssigkeit mehr oder weniger oft und lange zum Sieden gebracht wurde, konnte die in der Kugel des Dilatometers enthaltene Flüssigkeit mehr oder weniger von der flüchtigeren Substanz enthalten, und danach eine verschiedene Ausdehnung zeigen.

Ich destillirte also von dem Butteräther langsam so viel ab, daß der Rückstand gerade noch zur Füllung zweier Dilatometer hinreichte. Die beiden Versuchsreihen (fünfte und sechste) gaben Resultate, welche von den früher erhaltenen bedeutend verschieden waren. Auch unter sich selbst wichen diese neueren Resultate noch so stark ab, daß man auch sie nur für annähernd richtig halten durfte; ich nahm unten das Mittel aus den Ergebnissen beider Ver-

suchsreihen, obgleich sie ziemlich verschieden sind, weil sie wahrscheinlich unter einander weniger abweichen, als von der Wahrheit.

Die beiden Versuchsreihen, wo die oben besprochene Fehlerquelle zwar nicht ganz entfernt, aber doch möglichst vermindert war, gaben folgende Resultate:

135) *Fünfte Versuchsreihe.* Thermometer 6 und Dilatometer B:

No.	Temp.	Scheinbares Volum.	No.	Temp.	Scheinbares Volum.
1	15°,3	3566,4	7	46°,0	3701,8
2	19,5	3583,7	8	46,7	3704,8
3	22,7	3597,9	9	59,9	3768,6
4	35,0	3651,4	10	60,8	3772,2
5	41,7	3681,9	11	62,2	3779,7
6	42,5	3685,1	12	66,1	3799,9

Mit einer kleineren Quantität Butteräther wurde weiter beobachtet:

13	74°,6	3595,4	—	17	105°,8	3759,7	+
14	78,9	3616,5	+	18	105,8	3760,6	—
15	81,3	3627,6	+	19	108,7	3776,2	+
16	103,0	3744,3	—				

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 4, aus 5 bis 8, aus 9 bis 12, und aus den Combinationen 13 und 16, 14 und 17, 13 und 18 und 15 und 19, so findet man für die scheinbare Ausdehnung des Butteräthers in Dilatometer B die Formel:

$$\mathfrak{B} = 3504,4 + 3,9565 t + 0,0060662 t^2 + 0,000024465 t^3$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00112903 t + 0,0000017310 t^2 + 0,0000000069813 t^3 \quad (5)$$

(Lgg. 0,05270 — 3 0,23830 — 6 0,84394 — 9).

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum	No.	Temp.	Scheinbares Volum
		beob. berechn.			beob. berechn.
1	15°,3	1,01760 1,01770	7	46°,0	1,05633 — 1,05627
2	19,5	1,02263 1,02272	8	46,7	1,05718 + 1,05722
3	22,7	1,02666 1,02660	9	59,9	1,07539 — 1,07534
4	35,0	1,04195 — 1,04194	10	60,8	1,07642 + 1,07661
5	41,7	1,05065 — 1,05060	11	62,2	1,07856 — 1,07860
6	42,5	1,05157 + 1,05165	12	66,1	1,08432 + 1,08421

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.	bei	wie	zu	
			beobachtet	berechnet.
13 (—) und 16 (—)	74°,6 und 103°,0	1,09675	1,14217	1,14228
14 (+) - 17 (+)	78,9 - 105,8	1,10329	1,14698	1,14710
13 (—) - 18 (—)	74,6 - 105,8	1,09675	1,14714	1,14710
15 (+) - 19 (+)	81,3 - 108,7	1,10698	1,15233	1,15215

136) *Sechste Versuchsreihe.* Thermometer 8 und Dilatometer F.

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
1	12°,0	3702,0	7	46°,5	3860,9
2	15,7	3718,5	8	47,0	3863,4
3	19,7	3736,1	9	61,3	3934,7
4	23,3	3751,8	10	62,9	3943,4
5	43,7	3842,6	11	63,6	3947,3
6	43,2	3844,7	12	65,7	3957,6

Mit einer kleineren Quantität Butteräther wurde weiter beobachtet:

13	74°,9	3733,6	—	17	104°,8	3898,8	—
14	77,4	3746,9	—	18	105,6	3903,1	+
15	78,7	3753,1	+	19	109,4	3926,5	—
16	79,6	3757,9	+	20	111,1	3936,7	+

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 4, aus 5 bis 8, aus 9 bis 12, und aus den Combinationen 13 und 17, 14 und 19, 15 und 18 und 16 und 20, so findet man für das scheinbare Volum des Butteräthers in Dilatometer F die Formel:

$$V = 3649,8 + 4,2994 t + 0,0030325 t^2 + 0,000044067 t^3$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,00117798 t + 0,0000083086 t^2 + 0,00000012074 t^3 \quad (6)$$

(Lgg. 0,07114 — 3 0,91953 — 7 0,08184 — 8).

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beob.	berechn.			beob.	berechn.
1	12°,0	1,01430	1,01428	7	46°,5	1,05784	—
2	15,7	1,01882	1,01874	8	47,0	1,05852	+
3	19,7	1,02379	1,02362	9	61,3	1,07806	—
4	23,3	1,02795	1,02805	10	62,9	1,08044	—
5	42,7	1,05282	—	11	63,6	1,08151	+
6	43,2	1,05340	+	12	65,7	1,08433	+

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.	bei	wie	zu	
			beobacht.	berechn.
13 (—) und 17 (—)	74°,9 und 104°,8	1,09796	1,14654	1,14648
14 (—) - 19 (—)	77,4 - 109,4	1,10176	1,15457	1,15462
15 (+) - 18 (+)	78,7 - 103,6	1,10374	1,14785	1,14788
16 (+) - 20 (+)	79,6 - 111,1	1,10512	1,15770	1,15769

137) Die Formel 5), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers *B*, giebt für das wahre Volum des Butteräthers den Ausdruck:

$$V = 1 + 0,00115456 t + 0,0000017598 t^2 + 0,0000000070255 t^3 \quad (V)$$

(Lgg. 0,06242 — 3 0,24546 — 6 0,84668 — 9)

und die Formel 6), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers *F*:

$$V = 1 + 0,00120179 t + 0,0000008589 t^2 + 0,000000012094 t^3 \quad (VI)$$

(Lgg. 0,07982 — 3 0,93394 — 7 0,08257 — 8).

Das Mittel aus beiden ist:

$$V = 1 + 0,00117817 t + 0,0000013093 t^2 + 0,000000009560 t^3 \quad (VII)$$

(Lgg. 0,07121 — 3 0,11704 — 6 0,98046 — 9).

Folgende Tabelle enthält die Endresultate der fünften und sechsten Versuchsreihe, und das aus ihnen im Mittel folgende wahre Volum für Butteräther:

Temperat.	Wahres Volum.			Temperat.	Wahres Volum.		
	V.	VI.	VII (Mitt.)		V.	VI.	VII (Mitt.)
0°	1,00000	1,00000	1,00000	60°	1,07713	1,07780	1,07747
5	1,00581	1,00603	1,00592	65	1,08442	1,08506	1,08474
10	1,01174	1,01212	1,01193	70	1,09185	1,09248	1,09216
15	1,01774	1,01826	1,01800	75		1,10006	1,09975
20	1,02385	1,02448	1,02417	80	1,10723	1,10783	1,10753
25	1,03007	1,03077	1,03042	85	1,11516	1,11581	1,11548
30	1,03641	1,03715	1,03678	90	1,12328	1,12394	1,12361
35	1,04287	1,04363	1,04325	95	1,13158	1,13229	1,13193
40	1,04945	1,05021	1,04983	100	1,14008	1,14086	1,14047
45	1,05616	1,05692	1,05654	105	1,14876	1,14966	1,14921
50	1,06301	1,06375	1,06338	110	1,15764	1,15868	1,15816
55	1,06999	1,07071	1,07035	115	1,16674	1,16795	1,16735

138) Das specifische Gewicht des Butteräthers fand ich:
 mit App. I 0,8906 für 13°,0
 - - II 0,8907 - - -

Im Mittel 0,89065 für 13°,0; d. i. red. nach VII: 0,90412
 für 0°.

Diese Beobachtungen waren an dem oben (132) beschriebenen Destillat angestellt. Nach dem mittleren Resultat derselben und nach der Ausdehnung wie sie durch Formel VII gegeben ist, ist das spec. Volum des Butteräthers:

bei 0° 128,30 (für A. G. H=1) od. 1603,8 (für A. G. O=100)
 bei 114,8 149,73 - - - - - 1871,6 - - - - -

Valerianholzäther (Valeriansaures Methyloxyd; $C_{12}H_{12}O_4$).

139) Valerianholzäther bereitete ich theils durch Destillation von valeriansaurem Natron mit Schwefelsäure und Holzgeist, theils (weil nach der vorhergehenden Darstellungsart, wenn auch wiederholt cohobirt wird, viel Valeriansäure frei bleibt, indem der Holzgeist früher überdestillirt) durch Auflösen von Valeriansäure in Holzgeist, Durchleiten von Salzsäuregas bis zur Sättigung und Abscheiden des Valerianholzäthers durch Zusatz von Wasser. Das auf beiderlei Art gewonnene Präparat wurde mit kohlensaurem Natron gewaschen, und mit Chlorcalcium getrocknet. Die von dem Chlorcalcium abgegossene Flüssigkeit kam bei 108° in's Sieden; der Siedepunkt stieg schnell bis 114°,5, dann während des Ueberdestillirens langsam bis 118°. (Die Kugel des Thermometers tauchte in die Flüssigkeit; die Temperaturangaben sind nicht corrigirt.)

0,4123 des Destillats gaben mir 0,9252 Kohlensäure und 0,3834 Wasser; d. i.:

	Gefunden.	Berechnet nach $C_{12}H_{12}O_4$.
Kohlenstoff	61,20	62,07
Wasserstoff	10,33	10,34
Sauerstoff	28,47	27,59.

140) Bei der Siedepunktsbestimmung für dieses Destillat, (corrig.) B.St. 744^{mm},4, zeigte Thermometer 6:

	Corr. f. d. Scala	Reduc. auf 760 ^{mm} B.St.
mit der Kugel in der Flüssigkeit, bei an-		
fangendem Sieden	108°,0	109°,2
stieg rasch bis	114°,4	115°,6
		109°,8
		116°,2

und hielt sich hier constant. Die geringe Quantität Valerianholzäther, die ich hatte, war Ursache, daß ich die Bestimmung des Siedepunkts im Dampf unterliefs. — Nach obiger Beobachtung ist also der Siedepunkt des Valerianholzäthers für 760^{mm} B.St. 116°,2; ich hatte früher dafür 114° bis 115° beobachtet für 756^{mm} B.St. (diese Beobachtung war nicht corrigirt für die herausragende Thermometeröhre.)

141) Die Ausdehnung des Valerianholzäthers untersuchte ich in zwei Versuchsreihen.

Erste Versuchsreihe. Thermometer 8 und Dilatometer *F*:

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
1	5°,5	3703,0	5	48°,6	3893,3
2	7°,6	3711,7	6	49°,0	3895,1
3	9°,2	3718,5	7	59°,4	3946,1
4	12°,9	3733,8	8	59°,8	3948,0
					—
					+
					—
					+

Mit einer kleineren Quantität Valerianholzäther wurde weiter beobachtet:

9	59°,4	3732,6	—	13	94°,6	3911,7	—
10	61°,0	3740,7	—	14	95°,7	3917,2	+
11	61°,8	3744,5	+	15	101°,3	3949,6	—
12	64°,1	3754,4	+	16	104°,1	3966,0	+

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 4, aus 3 bis 6, aus 5 bis 8, und aus den Combinationen 9 und 13, 10 und 15, 11 und 14 und 12 und 16, so findet man für das scheinbare Volum des Valerianholzäthers in Dilatometer *F* die Formel:

$$V = 3680,8 + 4,0283 t + 0,0058635 t^2 + 0,000024962 t^3$$

oder, das Volum bei 0° = 1 gesetzt:

$$v = 1 + 0,0010944 t + 0,0000015929 t^2 + 0,0000000067816 t^3 \quad (1)$$

(Lgg. 0,03917 — 3 0,20220 — 6 0,83133 — 9).

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beobacht.	berechn.			beobacht.	berechn.
1	5°,5	1,00603	1,00607	5	48°,6	1,05773	—
2	7,6	1,00840	1,00841	6	49,0	1,05822	+
3	9,2	1,01024	1,01021	7	59,4	1,07208	—
4	12,9	1,01440	1,01441	8	59,8	1,07259	+

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.	bei	wie	zu	
			beobacht.	berechnet.
9 (—) und 13 (—)	59°,4 und 94°,6	1,07205	1,12349	1,12353
10 (—) — 15 (—)	61,0 — 101,3	1,07423	1,13422	1,13426
11 (+) — 14 (+)	61,8 — 95,7	1,07531	1,12490	1,12526
12 (+) — 16 (+)	64,1 — 104,1	1,07849	1,13927	1,13883

142) *Zweite Versuchsreihe.* Thermometer 6 und Dilatometer B.

No.	Temp.	Scheinb. Volum.	No.	Temp.	Scheinb. Volum.
1	9°,2	3565,8	5	47°,8	3730,8
2	12,8	3580,0	6	48,1	3732,1
3	17,8	3600,0	7	60,8	3791,9
4	25,3	3631,4	8	61,1	3793,2

Mit einer kleineren Quantität Valerianholzäther wurde weiter beobachtet:

9	58°,4	3618,5	—	13	92°,4	3785,2	—
10	60,5	3628,6	—	14	93,5	3790,3	+
11	61,0	3630,5	+	15	95,9	3803,6	—
12	65,7	3652,5	+	16	96,7	3808,0	+

Nimmt man als Bedingungsgleichungen die Summen der Bedingungsgleichungen aus 1 bis 3, aus 4 bis 6, aus 7 und 8, und aus den Combinationen 9 und 13, 10 und 15, 11 und 14 und 12 und 16, so findet man für das scheinbare Volum des Valerianholzäthers in Dilatometer B die Formel:

$$v = 3529,3 + 3,8774 t + 0,0062180 t^2 + 0,000017156 t^3$$

oder, das Volum bei $0^\circ = 1$ gesetzt:

$$v = 1 + 0,0010986 t + 0,0000017618 t^2 + 0,0000000048609 t^3 \quad (2)$$

(Lgg. 0,04085 — 3 0,24596 — 6 0,68672 — 9).

Die Resultate dieser Formel, wie früher mit den Beobachtungen verglichen, sind:

No.	Temp.	Scheinbares Volum		No.	Temp.	Scheinbares Volum	
		beob.	berechn.			beob.	berechn.
1	9,2	1,01034	1,01026	5	47°,8	1,05710	—
2	12,8	1,01437	1,01436	6	48,1	1,05746	+
3	17,8	1,02003	1,02015	7	60,8	1,07441	—
4	25,3	1,02893	1,02901	8	61,1	1,07477	+

Es verhalten sich die scheinbaren Volume:

No.	bei	wie	zu	
			beobacht.	berechnet.
9 (—) und 13 (—)	58°,4 und 92°,4	1,07114	1,12048	1,12038
10 (—) - 15 (—)	60,5 - 95,9	1,07400	1,12580	1,12585
11 (+) - 14 (+)	61,0 - 93,5	1,07468	1,12198	1,12209
12 (+) - 16 (+)	65,7 - 96,7	1,08116	1,12719	1,12715

143) Die Formel 1), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers F , giebt für das wahre Volum des Valerianholzäthers den Ausdruck:

$$V = 1 + 0,0011182 t + 0,0000016190 t^2 + 0,0000000068195 t^3 \quad (I)$$

(Lgg. 0,04852 — 3 0,20925 — 6 0,83375 — 9)

und die Formel 2), corrigirt für die Glasausdehnung des Dilatometers B :

$$V = 1 + 0,0011241 t + 0,0000017898 t^2 + 0,0000000049059 t^3 \quad (II)$$

(Lgg. 0,05081 — 3 0,25280 — 6 0,69072 — 9).

Das Mittel aus beiden ist:

$$V = 1 + 0,00112115 t + 0,0000017044 t^2 + 0,0000000058627 t^3 \quad (III)$$

(Lgg. 0,04967 — 3 0,23157 — 6 0,76810 — 9).

Folgende Tabelle enthält die Endresultate beider Versuchsreihen, und das aus ihnen im Mittel folgende wahre Volum für Valerianholzäther:

Temp.	VWahres Volum.			Temp.	VWahres Volum.		
	I.	II.	III. (Mitt.)		I.	II.	III. (Mitt.)
0°	1,00000	1,00000	1,00000	65°	1,08139	1,08198	1,08168
5	1,00563	1,00567	1,00565	70	1,08854	1,08914	1,08884
10	1,01135	1,01142	1,01138	75	1,09585	1,09645	1,09615
15	1,01715	1,01728	1,01721	80	1,10331	1,10389	1,10360
20	1,02306	1,02324	1,02315	85	1,11094	1,11150	1,11122
25	1,02908	1,02930	1,02919	90	1,11872	1,11925	1,11898
30	1,03519	1,03546	1,03532	95	1,12668	1,12715	1,12691
35	1,04141	1,04175	1,04158	100	1,13483	1,13522	1,13503
40	1,04776	1,04813	1,04794	105	1,14315	1,14344	1,14330
45	1,05422	1,05466	1,05444	110	1,15167	1,15184	1,15175
50	1,06081	1,06129	1,06105	115	1,16037	1,16040	1,16038
55	1,06753	1,06806	1,06779	120	1,16927	1,16914	1,16920
60	1,07439	1,07495	1,07467				

144) Das spec. Gewicht des Valerianholzäthers fand ich:
mit App. I 0,88662 für 15°,3; d. i. red.: 0,90155 für 0°.

- - II 0,88687 - 15°,0; - - - 0,90150 - -
Im Mittel 0,901525 für 0°.

Früher fand ich: 0,8806 für 16°; d. i. reducirt 0,8960 für 0°.

Nach meiner neueren Bestimmung des specifischen Gewichts und der Ausdehnung ist das specifische Volum des Valerianholzäthers:

bei 0° 128,66 (für A.G.H=1) od. 1608,4 (für A.G.O=100)
- 116°,2 149,38 - - - - - 1869,8 - - - - -

Uebersicht der Resultate der Ausdehnungsversuche.

145) Ich will diesen Aufsatz nicht noch mehr verlängern durch die Discussion der Folgerungen aus den in dem Vorstehenden mitgetheilten Beobachtungen, welche die Gesetzmäßigkeiten in dem specifischen Volum, dem Siedepunkt und der Ausdehnung durch die Wärme betreffen; ich werde diese Folgerungen in einer besonderen Abhandlung besprechen. Hinsichtlich der Ausdehnung durch die Wärme erscheint es mir zweckmässig, die von mir erhaltenen Resultate (ich betrachte als solche die im Mittel aus den verschiedenen Versuchsreihen gefundenen) noch in der Art darzustellen, daß die Volumsveränderung sichtbar wird, welche gleich große Volume der verschiedenen Flüssigkeiten bei ihren respectiven Siedepunkten durch Abkühlung um gleichviel Grade erleiden.

In der folgenden Tabelle ist das Volum einer jeden Flüssigkeit bei ihrem Siedepunkt = 10000 gesetzt, und weiter angegeben, wie groß das Volum bei 5, 10 allgemein bei D° unter dem Siedepunkt ist. Der Siedepunkt ist genommen, wie ihn die im Vorstehenden mitgetheilten Versuche direct ergaben; ich setze diesen beobachteten Siedepunkt (den Ausgangspunkt für jede Columne der Tabelle also, oder die Temperatur, welcher in der entsprechenden Columne das Volum 10000 zukommt) der chemischen Formel jeder Substanz eingeklammert bei.

[illegible]

(117°,3).	Buttersäure. $C_8H_8O_4$ (157°,0).	Ameisenholzäther. $C_4H_4O_4$ (33°,4).	Ameisenäther. $C_6H_6O_4$ (54°,9).	Essigholzäther. $C_6H_6O_4$ (56°,3).	Essigäther. $C_6H_8O_4$ (74°,3).	Butterholzäther. $C_{10}H_{10}O_4$ (95°,9).	Butteräther. $C_{12}H_{12}O_4$ (114°,8).	Valerianholzäther. $C_{12}H_{12}O_4$ (116°,2).	D.
10	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	0
35	9933	9922	9921	9923	9921	9922	9921	9926	5
72	9867	9846	9845	9848	9843	9845	9845	9852	10
10	9803	9773	9772	9774	9767	9770	9770	9781	15
50	9739	9702	9701	9701	9694	9698	9697	9711	20
10	9677	9632	9631	9631	9622	9626	9626	9642	25
32	9616	9564	9564	9562	9552	9557	9556	9575	30
76	9556	9497	9498	9495	9484	9489	9488	9509	35
20	9497	—	9433	9429	9417	9423	9422	9445	40
36	9439	—	9369	9365	9352	9358	9356	9381	45
12	9382	—	9306	9303	9288	9295	9293	9320	50
59	9326	—	9243	9243	9226	9234	9231	9259	55
17	9271	—	—	—	9165	9173	9170	9202	60
56	9217	—	—	—	9105	9114	9110	9141	65
17	9164	—	—	—	9046	9056	9052	9084	70
57	9112	—	—	—	8988	8999	8994	9028	75
18	9060	—	—	—	—	8943	8938	8973	80
59	9009	—	—	—	—	8889	8882	8919	85
2	8959	—	—	—	—	8834	8828	8866	90
14	8909	—	—	—	—	8782	8774	8814	95
7	8860	—	—	—	—	—	8721	8763	100
0	8812	—	—	—	—	—	8669	8712	105
3	8765	—	—	—	—	—	8618	8663	110
7	8718	—	—	—	—	—	8567	8614	115
1	8671	—	—	—	—	—	—	—	120
	8625	—	—	—	—	—	—	—	125
	8579	—	—	—	—	—	—	—	130
	8534	—	—	—	—	—	—	—	135
	8489	—	—	—	—	—	—	—	140
	8445	—	—	—	—	—	—	—	145
	8401	—	—	—	—	—	—	—	150
	8357	—	—	—	—	—	—	—	155
	8313	—	—	—	—	—	—	—	160

III. *Ueber die Lichtzerstreuung in der Atmosphäre und über die Intensität des durch die Atmosphäre reflectirten Sonnenlichts ¹);*
von R. Clausius in Berlin.

Es ist ein für alle unsere Lebensverhältnisse höchst wichtiger Umstand, daß wir auf der Erdoberfläche das Tageslicht nicht bloß unmittelbar von der Sonne, sondern auch von der Atmosphäre erhalten, indem diese einen Theil des durch sie hindurchgehenden Sonnenlichts auffängt und reflectirt. Dennoch haben wir nur sehr geringe Kenntnisse über diesen Gegenstand. Man hat weder die Lichtmenge, die wir dem Himmel im Ganzen unter verschiedenen Umständen verdanken, noch die Helle, mit der er uns an seinen einzelnen Punkten erscheint, genügend untersucht. Die Gründe dafür sind leicht zu erkennen. Die practischen Bestimmungen, d. h. Beobachtungen und Messungen, finden ein natürliches Hinderniß in der Unvollkommenheit unserer Methoden die Lichtstärke zu messen, und dieser Mangel an zuverlässigen Beobachtungswerthen hat seinerseits wieder dazu beigetragen, auch das Interesse für die theoretischen Untersuchungen zu vermindern.

Man sollte indessen diese letzteren nicht so ganz vernachlässigen. Sie führen zunächst doch zu allgemeinen Formeln, welche erkennen lassen, was für Umstände bei den Erscheinungen überhaupt Einfluß haben, und welcher Art dieser Einfluß ist. Um mittelst dieser Formeln zu bestimmten Zahlenwerthen zu gelangen, muß man freilich vorher gewisse Lücken in unseren Kenntnissen durch Hypothesen ausfüllen, und dadurch verlieren die Resultate an Zuverlässigkeit; aber einerseits werden sie wegen der Wichtigkeit des Gegenstandes doch Interesse behalten, und ande-

1) Auszug aus zwei, im *Journal für reine und angewandte Mathematik* (Bd. 34 und 36) vollständig erschienenen Abhandlungen.

rerseits ist es gerade die consequente Durchführung irgend einer Hypothese mit allen ihren Folgen, welche am besten zu Resultaten führen kann, die sich mit der Wirklichkeit vergleichen lassen, und dadurch zur Bestätigung oder Widerlegung der Hypothese selbst beitragen, wozu besonders die Polarisationserscheinungen des Himmelslichts geeignete Anknüpfungspunkte darbieten möchten.

Ein solcher Versuch, die lichtzerstreuenden und leuchtenden Wirkungen der Atmosphäre durch theoretische Betrachtungen näher zu bestimmen, bildet den Inhalt der oben bezeichneten Abhandlungen.

Was zunächst die früheren Arbeiten über den Gegenstand betrifft, so existiren überhaupt nur wenige, und als die vollständigste kann wohl die bezeichnet werden, welche Lambert in seiner *Photometria* mittheilt. Er führt indessen die allgemeinen Untersuchungen nicht bis zu Ende, da dieselben bei seiner Betrachtungsweise zu schwierig werden, und in denjenigen Resultaten, welche er hinlänglich entwickelt hat, um sie zu numerischen Berechnungen gebrauchen zu können, sind der Vereinfachung wegen Voraussetzungen gemacht, die zu weit von der Wahrscheinlichkeit abweichen, als daß man den gewonnenen Zahlenwerthen noch einiges Vertrauen schenken könnte.

Indem nämlich das Sonnenlicht die Atmosphäre durchscheint, langt ein Theil desselben ungehindert an der Erdoberfläche an, ein anderer aber wird unterwegs von den Lufttheilchen aufgefangen. Dieses aufgefangene Licht nun kann zum Theil absorbirt werden, so daß es für unsere Wahrnehmung überhaupt verloren geht, der übrige Theil wird dann aber durch Reflexion nach allen Richtungen hin zerstreut werden.

Die Menge des absorbirten Lichts betrachtet Lambert als so geringe, daß er sie ganz vernachlässigt. Nun ist es allerdings richtig, daß wir über eine solche Absorption in der Luft durchaus nichts Bestimmtes wissen ¹⁾; doch mußte

1) Bouguer (*Optice*) schließt aus einer Beobachtung, welche er in Amerika gemacht hat, daß nur $\frac{1}{383}$ des aufgefangenen Lichts reflectirt werde.

sie wenigstens in den *allgemeinen* Entwicklungen berücksichtigt werden, damit man erkennen könne, welchen Einfluß ihre Existenz auf die Resultate üben würde. Man darf dabei wohl ohne Bedenken annehmen, daß innerhalb ein und desselben unvollkommen durchsichtigen Mittels die Menge des absorbirten Lichts zu der des zerstreuten immer in gleichem Verhältnisse stehe, so daß also stets derselbe aliquote Theil des ganzen aufgefangenen Lichts durch Reflexion zerstreut werde. Dieser Bruch sey für die Luft mit ρ bezeichnet. Kennt man daher den Verlust (M), den eine Lichtmenge bei ihrem Durchgange durch die Luft erleidet, so ist der reflectirte Theil $= \rho M$, und der absorbirte $= (1 - \rho)M$. Von dem ersteren soll ferner angenommen werden, daß er unter den gewöhnlichen Reflexionsgesetzen stehe.

Was nun diesen wirklich reflectirten Theil weiter betrifft, so fragt es sich, in welcher Weise er rings umher zerstreut werde. Lambert nimmt an, er werde nach allen Richtungen gleich stark reflectirt. Das setzt voraus, daß bei den reflectirenden Körpertheilchen in der Atmosphäre die Stärke der Reflexion von dem Einfallswinkel unabhängig sey; und doch weiß man, daß bei allen spiegelnden Körpern in dieser Beziehung bedeutende Unterschiede stattfinden. Z. B. für Wasser hat schon Bouguer beobachtet, daß sich die unter den Einfallswinkeln 0 und $89^\circ \frac{1}{2}$ reflectirten Lichtmengen wie $1 : 40$ verhalten. Demnach ist Lambert's Annahme zu unwahrscheinlich, um sie gelten zu lassen.

Man muß jedenfalls die Intensität des nach verschiede-

Doch beruhen seine Schlüsse auf Annahmen, die durchaus nicht verbürgt sind. Aus denselben Zahlen, von denen er ausgeht, würde nach anderen Principien, welche mir naturgemäßer scheinen, der Werth $\frac{1}{4}$ folgen, und wenn man jene Zahlen, die zum Theil sehr unsicher sind, nur innerhalb der Gränzen dieser wahrscheinlichen Unsicherheit verändert, so kann man selbst den Werth 1 erhalten, d. h. daß *alles* aufgefangene Licht reflectirt würde, und also gar keine Absorption stattfände. Jedenfalls sieht man daraus, daß jene Beobachtung noch nicht hinreicht, um ein zuverlässiges Resultat zu ziehen.

nen Richtungen reflectirten Lichts als Function des Einfallswinkels betrachten, oder was bequemer ist, als Function desjenigen Winkels (φ), welchen der reflectirte Strahl mit der Fortsetzung des directen bildet.

Für die in der Atmosphäre vorgehenden Reflexionen sey diese Function durch

$$F(\varphi)$$

bezeichnet, und die in ihr geltende Einheit durch folgende Bedingung festgestellt. Wenn eine gewisse Lichtmenge durch Reflexion in der Atmosphäre nach allen Seiten zerstreut wird, so soll der Antheil, welcher davon wirklich nach einer bestimmten Richtung geht, sich zu demjenigen, der dort hingehen würde, wenn gleichförmige Zerstreuung stattfände, verhalten, wie

$$F(\varphi) : 1.$$

Obwohl sich über den Gang dieser Function schon Etwas aus der Analogie der sonstigen Reflexionserscheinungen mit Sicherheit schliessen läßt, so kann doch eine genauere Kenntniß derselben erst aus der Bekanntschaft mit der Natur der reflectirenden Bestandtheile in der Atmosphäre hervorgehen. Für jetzt darf sie also in die allgemeinen Entwicklungen nur als eine unbekannte Function eingeführt werden, eben so wie die oben erwähnte Constante ρ , und so lange über diese beiden Größen nichts Näheres festgesetzt ist, kann man durch mathematische Betrachtungen nicht weiter gelangen, als zu Formeln, in welchen sie enthalten sind. Um also von diesen auch eine Anwendung zu numerischen Berechnungen machen, und zwar gleich neben jeder gewonnenen allgemeinen Formel die entsprechenden Zahlenwerthe anführen zu können, wird es zweckmäfsig seyn, das Wesentliche über die zur Bestimmung jener Größen nöthigen Hypothesen vor auszuschicken.

Was zunächst die Absorption betrifft, so ist diese, da sich kein Werth für sie als besonders wahrscheinlich aufstellen läßt, in der numerischen Berechnung überhaupt vernachlässigt, d. h. es ist $\rho = 1$ gesetzt.

Zur Bestimmung der Function $F(\varphi)$ dagegen ist eine

Hypothese gewählt, welche schon mehrfach von bedeutenden Physikern ausgesprochen, und besonders zur Erklärung der blauen Farbe des Himmels, und der Morgen- und Abendröthe sehr bequem ist. Sie besteht darin, daß die Reflexion nicht von der Luft selbst bewirkt werde, sondern von den in ihr schwebenden Dunstbläschen, welche bei klarem Wetter, wo sie ihrer Auflösung nahe sind, nur außerordentlich dünn seyn können. Bei dieser Voraussetzung braucht man also für die Bestimmung von $F(\varphi)$ nur zu betrachten, was mit dem Lichte vorgeht, welches von der Sonne auf ein solches Bläschen fällt.

Ein Theil davon wird gerade hindurchgehen, der andere aber, welchen das Bläschen reflectirt, wird dabei nach allen möglichen Richtungen hin zerstreut werden, und zwar so, daß die Intensitäten nach den verschiedenen Richtungen verschieden sind. Um für diese Intensitäten einen zu weiteren Anwendungen brauchbaren Ausdruck zu erhalten, ist es am vortheilhaftesten, dieselben für eine Reihe bestimmter Werthe von φ wirklich zu berechnen, und dann eine Function zu suchen, welche, ohne zu schwerfällig zu seyn, doch den gefundenen Zahlen so genau wie möglich entspricht. Eine solche Rechnung ist in der zweiten Abhandlung ausgeführt ¹⁾; da sie aber wegen der vielfachen Reflexionen, die in dem Bläschen vorgehen, etwas weitläufig wird, so möge hier nur das Resultat derselben folgen. Es hat sich nämlich gefunden, daß die in Rede stehende Function $F(\varphi)$ bei der angenommenen speciellen Hypothese hinlänglich genau dargestellt wird durch die Formel:

$$\left. \begin{aligned} &0,4760 + 6,4366 \sin^4 \frac{1}{2}(130^\circ - \varphi) \text{ oder} \\ &C + A \sin^4 \frac{1}{2}(k - \varphi) \end{aligned} \right\} \dots \dots (1)$$

wenn man setzt:

$$C = 0,4760 ; A = 6,4366 ; k = 130^\circ \dots \dots (1a)$$

1) Eine vorläufige Uebersicht der gefundenen Werthe ist schon in der 1sten Abl. (Tabelle II) mitgetheilt. Dieselben sind aber, wie der Verf. nachträglich bemerkt hat, durch einen Rechnungsfehler unrichtig geworden, und es gelten dafür die in der 2ten Abhandlung (Tabelle I) befindlichen, wo zugleich die wenigen deshalb nöthigen Aenderungen in den früher berechneten Constanten angeführt sind.

Außer den Größen ρ und $F(\varphi)$ kommen in den Formeln noch zwei Constante vor, welche sich nicht allgemein angeben lassen, da sie für verschiedene Orte und Zeiten verschieden sind. In den numerischen Berechnungen sind daher für dieselben gewisse Mittelwerthe angenommen, die weiter unten erwähnt werden sollen.

Wir wenden uns nun zu den Untersuchungen selbst.

Um die Vorgänge in der Atmosphäre zu betrachten, muß man zunächst die Gestalt derselben kennen. Sie ist eine Kugelschicht, die sich aber im Verhältniß zu ihrer Dicke so langsam krümmt, daß es in ihren lichtzerstreuenden Wirkungen für alle Fälle, wo die Sonne 10° oder noch höher über dem Horizonte steht, keinen erheblichen Unterschied hervorbringt, wenn man sie als eine ebene, nach allen Seiten hin unendlich ausgedehnte Schicht ansieht. Diese Annahme ist bei allen nachfolgenden Entwicklungen gemacht. Dadurch sind also auch die gefundenen Resultate auf die Gränze beschränkt, daß sie nur so lange gültig bleiben, als die Sonne wenigstens 10° vom Horizonte entfernt ist. Der Fall, wenn sich die Sonne in der Nähe des Horizontes befindet, bedarf noch einer besonderen Behandlung, da alsdann die Krümmung der Atmosphäre von Einfluß ist, und natürlich die Rechnungen weitläufiger macht. — Hat man nun aber einmal die Atmosphäre als eben angenommen, so macht es dann durchaus keinen Unterschied weiter, ob man die Verminderung ihrer Dichtigkeit in der Höhe berücksichtigt oder nicht. Man kann sich also, ohne dadurch eine weitere Beschränkung nöthig zu machen, die Atmosphäre so zusammengedrückt denken, daß sie überall gleich dicht ist.

Verbreitet sich nun durch irgend ein in sich gleichförmiges unvollkommen durchsichtiges Mittel ein Lichtstrahl, so gilt für die allmälige Schwächung desselben folgendes Gesetz: die nach Durchlaufung eines gewissen Weges (x) noch übrige Intensität verhält sich zu der ursprünglichen wie:

$$e^{-\delta \cdot x} : 1 \quad 1) \dots \dots \dots (2)$$

1) Eine Beschränkung dieses Gesetzes wird weiter unten erwähnt werden.

wo δ eine von der Natur des Mittels abhängige Constante und e die Basis der natürlichen Logarithmen ist.

Nach diesem Gesetze wird auch die Intensität der Sonnenstrahlen geschwächt, indem sie, um zur Erdoberfläche zu gelangen, erst die Atmosphäre durchdringen müssen. Die Länge des zu durchlaufenden Weges ist um so größer, je tiefer die Sonne steht. Sey nämlich die reducirte Höhe der Atmosphäre ein für allemal mit h , und der veränderliche Zenithabstand der Sonne mit γ bezeichnet, so ist jener Weg $= h \sec \gamma$, und folglich haben die Sonnenstrahlen, deren ursprüngliche Intensität $= 1$ gesetzt wird, bei ihrer Ankunft an der Erdoberfläche nur noch die Intensität:

$$\left. \begin{array}{l} e^{-\delta \cdot h \sec \gamma} \\ e^{-a} \end{array} \right\} \text{ oder } \dots \dots \dots (3)$$

wenn zur Abkürzung gesetzt wird:

$$\delta \cdot h = a \quad ; \quad \sec \gamma = c. \quad \dots \dots \dots (3a)$$

Die hier vorkommende Gröfse a ist eine der oben (S. 299) erwähnten Constanten. Zu ihrer Bestimmung haben schon Bouguer und Lambert Versuche angestellt, deren Resultate aber sehr von einander abweichen. Steht nämlich die Sonne im Zenith, so geht der Ausdruck (3) über in e^{-a} , und für diesen geben sie folgende Werthe an:

$$\begin{array}{ll} e^{-a} \text{ nach Bouguer} & = 0,8123 \\ & \text{nach Lambert} = 0,59. \end{array}$$

Viele spätere Versuche haben gezeigt, dafs die Wahrheit zwischen beiden liegt, und da sich diese Gröfse überhaupt nicht allgemein bestimmen läfst, sondern von den verschiedenen Witterungsverhältnissen abhängt, so sey hier für die numerischen Berechnungen ein Mittelwerth angenommen, nämlich:

$$e^{-a} = 0,75,$$

woraus folgt:

$$a = 0,2876819 \dots \dots \dots (4)$$

Kennt man demnach für jeden Stand der Sonne die *Intensität* des ankommenden Sonnenlichts, so läfst sich daraus auch leicht weiter auf die Menge desselben schliessen.

Denkt man sich zuerst die Erde ohne Atmosphäre, so ist klar, daß die Lichtmenge, welche die Sonne in ihren verschiedenen Stellungen auf irgend ein Flächenstück des Erdbodens werfen würde, proportional dem Cosinus ihres Zenithabstandes seyn müßte; und da dasselbe für jedes andere Flächenstück auch gilt, so kann man es allgemein von der Erdoberfläche aussprechen, so weit man dieselbe als eben betrachten darf. Wird also die Lichtmenge, welche die Sonne uns zusendet, wenn sie im Zenith steht, als Einheit genommen, so ist die entsprechende Menge für jeden anderen Stand der Sonne ausgedrückt durch:

$$\cos \gamma \text{ oder } \frac{1}{c} \dots \dots \dots (5)$$

Nachdem dieses Licht aber in dem durch (3) bestimmten Verhältnisse geschwächt ist, so beträgt die wirklich unten ankommende Menge nur noch:

$$\frac{e^{-ca}}{c} \dots \dots \dots (6)$$

Der Verlust (M), den das Licht in der Atmosphäre erlitten hat, ist also:

$$M = \frac{1 - e^{-ca}}{c},$$

und daraus folgt, daß nun die Menge:

$$\rho M = \rho \frac{1 - e^{-ca}}{c}, \dots \dots \dots (7)$$

durch Reflexion in der Atmosphäre zerstreut ist.

Diese Lichtmenge nun ist es hauptsächlich, durch welche der Himmel uns hell erscheint. Ehe sie aber die Atmosphäre verlassen kann, ist ein Theil derselben noch wiederholten ähnlichen Processen unterworfen. Von der gefundenen Lichtmenge ρM geht nämlich ein Theil abwärts, ein anderer aufwärts; beide aber werden, ehe sie die untere oder obere Gränze der Atmosphäre erreichen, erst bedeutend geschwächt, und es bleibt nun ein Theil durch zweite Reflexion abermals in der Atmosphäre zerstreut. Diesem ergeht es eben so, und man erhält noch Lichtmengen, die zum dritten, vierten etc. Male reflectirt sind. Alle

diese müssen berücksichtigt werden; doch erkennt man leicht, daß zwischen ihnen ein wesentlicher Unterschied obwaltet. Es ist schon oben erwähnt, daß das Licht nach einmaliger Reflexion noch nicht als gleichförmig zerstreut zu betrachten ist, sondern eine eigene Function $F(\varphi)$ für die Art der Zerstreung aufgestellt werden muß. Bei der zum zweiten Male, und noch mehr bei den zum dritten, vierten etc. Male reflectirten Lichtmengen kann man dagegen die Gleichförmigkeit der Zerstreung ohne Bedenken annehmen, und daher lassen sich diese in der Untersuchung alle zusammenfassen, während das nur Einmal reflectirte Licht eine eigenthümliche Behandlung erfordert.

Demnach mußte es die erste Aufgabe seyn, zu bestimmen, wie viel von dem Einmal reflectirten Lichte als solches wirklich zur Erdoberfläche oder in den Weltenraum gelange, und wie viel dagegen unterwegs wieder verloren gehe, also theilweise zum zweiten Male zerstreut werde.

Diese Sonderung ist die Aufgabe der ersten Abhandlung. Sie ist dort zunächst unter der Annahme ausgeführt, daß schon das Einmal reflectirte Licht gleichförmig zerstreut sey, und das Resultat dieser Rechnung ist folgendes. Die nach unten und oben zu *gesandten* Lichtmengen würden in diesem Falle jede die Hälfte der ganzen Menge ϱM betragen, während die wirklich unten und oben *anlangenden* Mengen ϱL und $\varrho L'$ bestimmt würden durch die Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} \varrho L &= \frac{\varrho e^{-ca}}{2c^2} \left\{ c(e^b - 1) + [(ca - 1)e^{ca} + 1](l + \log a) - (ca - 1)e^{ca} \cdot R_1 + R_2 \right\} \\ \varrho L' &= \frac{\varrho}{2c^2} \left\{ c(1 - e^{b'}) - [(ca + 1)e^{-ca} - 1](l + \log a) + (ca + 1)e^{-ca} \cdot R_1 - R_3 \right\} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

wenn zur Abkürzung gesetzt ist:

$$\left. \begin{aligned} b &= (c - 1)a \quad ; \quad b' = (c + 1)a \\ R_1 &= a - \frac{a^2}{2 \cdot 2!} + \frac{a^3}{3 \cdot 3!} - \dots \\ R_2 &= b + \frac{b^2}{2 \cdot 2!} + \frac{b^3}{3 \cdot 3!} + \dots \\ R_3 &= b' - \frac{b'^2}{2 \cdot 2!} + \frac{b'^3}{3 \cdot 3!} - \dots \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (8a)$$

Die Verluste der beiden Lichtmengen auf ihren Wegen würden sich hieraus durch einfaches Abziehen ergeben, nämlich $\frac{1}{2} \rho M - \rho L$ und $\frac{1}{2} \rho M - \rho L'$.

Diese Ausdrücke erleiden natürlich noch eine Abänderung, wenn man die Ungleichförmigkeit der Zerstreuung in Betracht zieht, und um dabei zu vollständig bestimmten Resultaten zu gelangen, muß man die Form der Function $F(\varphi)$ kennen. Durch die Betrachtung der aus den Gleichungen (8) folgenden Zahlenwerthe wird man jedoch noch auf eine Erleichterung geführt. Die HauptgröÙe für die beabsichtigte Sonderung, der Verlust des nach oben und unten gehenden Lichts zusammengekommen, welchen wir mit ρN bezeichnen wollen, läßt sich schon ohne die genauere Kenntniß von $F(\varphi)$ mit großer Annäherung durch eine sehr einfache Gleichung bestimmen, nämlich:

$$\frac{\rho N}{\rho M} = 0,325 + 0,675 r - r \cdot a \frac{e^{-c a}}{M} \dots \dots \dots (9)$$

wo nur noch die Constante r von der besonderen Gestalt der Function $F(\varphi)$ abhängt. Bestimmt man diese Constante mit Hülfe der Hypothese von den Dampfbläschen, so geht die Gleichung über in:

$$\frac{\rho N}{\rho M} = 0,5222 - 0,08405 \frac{e^{-c a}}{M} \dots \dots \dots (9a)$$

und daraus ergibt sich z. B. folgende Reihe von Werthen:

I.

γ .	$\frac{\rho N}{\rho M}$.
0°	0,270
20	0,272
40	0,281
60	0,306
70	0,336
80	0,409

Will man dagegen die Verluste des nach unten und nach oben gehenden Lichts *einzel*n bestimmen, so muß man wieder zu den Formeln (8) zurückgehen, und untersuchen, welche Modificationen dieselben erfordern, wenn man die

Ungleichförmigkeit der Zerstreuung berücksichtigt. Doch auch diese werden keine bedeutende Schwierigkeit verursachen, indem es dabei auf eine große Genauigkeit nicht ankommt. Nimmt man z. B. wieder die Hypothese der Dampfbläschen, so genügen die schon gewonnenen Resultate. Aus der Betrachtung der angeführten Form von $F(\varphi)$ (1) ergibt sich nämlich, daß man den Verlust des nach oben gehenden Lichts ohne bedeutenden Fehler so annehmen kann, wie er bei gleichförmiger Zerstreuung stattfinden würde, und durch die zweite der Gleichungen (8) ausgedrückt ist. Wenn man diesen alsdann von dem ganzen Lichtverluste (9a) abzieht, so erhält man auch den Verlust des nach unten gehenden Lichts.

Nachdem diese Sonderung vollbracht ist, kann man nun zu den vorgesetzten Bestimmungen übergehen, für welche sich zwei wesentlich verschiedene Gegenstände darbieten: 1) Die Menge des Lichts, welches wir vom Himmel im Ganzen erhalten, 2) die Helle des Himmels an seinen verschiedenen Punkten.

Es sey also zuerst die Aufgabe gestellt, zu bestimmen, wie viel Licht ein Stück der Erdoberfläche empfangt, wenn es der Beleuchtung des ganzen Himmels gewölbes ausgesetzt ist.

Diese Betrachtung muß wieder in einige Unterabtheilungen zerfallen, da, wie schon erwähnt, die verschiedenen in der Atmosphäre zerstreuten Lichtmengen eine verschiedene Behandlung erfordern. Zunächst handelt es sich um die Lichtmenge, welche als Einmal reflectirt zur Erde gelangt. Dieselbe ergibt sich aus den schon gewonnenen Resultaten, sobald man bestimmt hat, wie viel Licht durch die erste Reflexion der Erde zugesendet wird; diese letztere Bestimmung aber erfordert die Kenntniß der Function $F(\varphi)$. Würde nämlich bei der ersten Reflexion das Licht gleichförmig zerstreut, so würde von der ganzen Menge φM die Hälfte nach unten und die Hälfte nach oben gehen. In der Wirklichkeit aber können bedeutende Abweichungen von dieser Gleichheit stattfinden, die je nach dem Stande der Sonne verschieden seyn werden. Bei der

Hypothese der Dampfbläschen ergibt sich, z. B. wenn man für den Zenithabstand der Sonne $= \gamma$ die nach unten gehende Lichtmenge mit $p \rho M$ bezeichnet, folgende Zahlenreihe:

II.

γ .	p .	γ .	p .
0°	0,7530	60°	0,6568
10	0,7512	65	0,6359
20	0,7452	70	0,6126
30	0,7342	75	0,5870
40	0,7167	80	0,5594
50	0,6913	90	0,5

Kennt man nun diese nach unten zu *gesandte* Lichtmenge für jeden Stand der Sonne, so braucht man davon nur den Verlust, den sie unterwegs noch erleidet, nach dem oben angegebenen Verfahren abzuziehen, um die unten *anlangende* Menge zu erhalten.

Es muß nun die Bestimmung desjenigen Lichtes folgen, welches erst *nach mehrfacher Reflexion zur Erde gelangt*.

Die Menge des durch die zweite Reflexion in der Atmosphäre zerstreuten Lichtes ist schon bekannt, denn der Verlust (ρN) des Einmal reflectirten ist durch die Gleichung (9) bestimmt, und damit zugleich die Menge des zum zweiten Male reflectirten.

$$\rho^2 N.$$

Es muß nun untersucht werden, wie viel von diesem Lichte zur Erde gelange, und wie viel zum dritten Male zerstreut werde. Von diesem letzteren gilt dann ganz dasselbe wie von $\rho^2 N$, und wir können sogleich auf die ganze Reihe weiter schließen.

Die dabei nöthigen Entwicklungen führen auf folgende Constante, die der Kürze wegen mit v bezeichnet werde:

$$v = \frac{1 - e^{-a}}{2a} + \frac{e^{-a}}{2} - \frac{a}{2} \int_a^\infty \frac{e^{-x}}{x} dx. \quad \dots (10)$$

Diese muß zuerst berechnet werden, was keine Schwierigkeit hat, sobald man a kennt. Nimmt man z. B. für a den Mittelwerth aus Gleichung (4), so erhält man:

$$v = 0,67474 \dots \dots \dots (10a)$$

Ist diese Constante bestimmt, so hat man gleich folgende unendliche Reihe von Werthen:

$$\left. \begin{array}{ll} \text{Durch zweite Reflexion zerstreute Lichtmenge} & = \rho^2 N \\ \text{Davon zur Erde gelangende} & = \rho^2 N \frac{1}{2} v \\ \text{Durch dritte Reflexion zerstreute} & = \rho^3 N (1 - v) \\ \text{Davon zur Erde gelangende} & = \rho^3 N (1 - v) \frac{1}{2} v \\ \text{Durch vierte Reflexion zerstreute} & = \rho^4 N (1 - v)^2 \\ \text{Davon zur Erde gelangende} & = \rho^4 N (1 - v)^2 \frac{1}{2} v \end{array} \right\} (11)$$

u. s. f.

Die sämmtlichen hier als zur Erde gelangend bezeichneten Lichtmengen müssen zusammengefaßt werden. Sie bilden eine geometrische Reihe, deren Summe

$$= \frac{1}{2} \rho^2 N \frac{v}{1 - \rho(1 - v)} \dots \dots \dots (12)$$

ist, und diese drückt die ganze Lichtmenge aus, welche nach mehrfacher Reflexion zur Erde gelangt. Setzt man in diesem Ausdrucke $\rho = 1$, so geht er über in $\frac{1}{2} N$, d. h. wenn keine Absorption stattfände, so würde von dem Lichte, welches zum zweiten Male reflectirt ist, wie viele Reflexionen in ihm auch noch vorgehen mögen, endlich die Hälfte zur Erde, und die Hälfte in den Weltenraum gelangen.

Nun ist zwar alles den directen Sonnenstrahlen entzogene Licht in Rechnung gebracht, aber es ist noch eine andere Lichtquelle zu berücksichtigen. Die Erde selbst nämlich als erleuchtete Fläche sendet einen Theil des empfangenen Lichtes wieder aus, und von diesem wird ihr wiederum ein Theil durch Reflexion in der Atmosphäre zurückgeschickt. Es bleiben also noch *diese secundären Wirkungen zu betrachten*.

Sey L die Lichtmenge, welche die Erde von der Sonne theils direct, theils nach Reflexionen empfängt, so soll LA den Theil bezeichnen, den sie davon wieder aussendet. Die darin vorkommende Gröfse A , welche die zweite der S. 299 erwähnten Constanten ist, kann nach Verschiedenheit des Bodens sehr verschieden seyn, und muß also für besondere Fälle auch eigens bestimmt werden. Als durchschnittlichen Werth giebt Lambert

$$A = \frac{1}{12} \dots \dots \dots (13)$$

an. Kennt man demnach die von der Erde ausgesandte Lichtmenge, so muß man ferner bestimmen, wie viel davon unmittelbar in den Weltenraum gelangt, und wie viel dagegen von der Atmosphäre aufgefangen wird. Für die erstere Menge ergibt sich folgender Ausdruck:

$$LA \cdot u \dots \dots \dots (14)$$

wenn man zur Abkürzung gesetzt hat:

$$u = \frac{e^{-a}}{a^2} - \frac{e^{-a}}{a} + \int_a^{\infty} \frac{e^{-x}}{x} dx \dots \dots \dots (14a)$$

Diese Constante u ist der früher gewonnenen (v) ganz ähnlich, und kann eben so berechnet werden. Nimmt man z. B. für a wieder den Werth aus (4), so kommt:

$$u = 0,61178 \dots \dots \dots (14b)$$

Nachdem u bestimmt ist, kann man leicht weiter schließen. Die in der Atmosphäre zerstreut bleibende Lichtmenge ist offenbar:

$$= LA \cdot \varrho (1 - u);$$

doch ist deren Zerstreuung nicht ganz gleichförmig, sondern es geht mehr davon nach oben als nach unten. Die Rechnung wird indessen hinlänglich genau, wenn man $\frac{1}{3}$ dieser Lichtmenge von vorne herein für die Erde verloren giebt, und dafür die übrigen $\frac{2}{3}$ als gleichförmig zerstreut ansieht. Somit ist die zu betrachtende Lichtmenge:

$$= LA \cdot \frac{2}{3} \varrho (1 - u) \dots \dots \dots (15)$$

und mit ihr kann man gerade so verfahren, wie früher mit $\varrho^2 N$, und findet dadurch die zur Erde gelangende Lichtmenge:

$$= LA \cdot \frac{2}{3} \varrho (1 - u) \frac{v}{1 - \varrho (1 - v)}.$$

Von dieser strahlt aber die Erde wieder einen Theil aus, und empfängt abermals einen Theil durch die Atmosphäre zurück, und in derselben Weise setzen sich diese Processe in's Unendliche fort; doch gelangt man dadurch auch hier zu einer geometrischen Reihe, deren Summe die ganze Licht-

menge ausdrückt, welche die Erde ihrer eigenen Ausstrahlung verdankt. Diese ist:

$$L \frac{Aw}{1-Aw} \dots \dots \dots (16)$$

wenn man noch zur Abkürzung gesetzt hat:

$$w = \frac{1}{2} \rho (1 - \kappa) \frac{v}{1 - \rho(1 - v)} \dots \dots \dots (16a)$$

Hiemit ist endlich der Kreis der Lichtmengen, welche die Erde vom Himmel empfängt, abgeschlossen, indem für jede derselben eine allgemeine Formel gewonnen, oder das Verfahren zu ihrer Bestimmung angegeben ist. Die nachfolgende Tabelle enthält die Ergebnisse einer nach diesen Formeln beispielsweise ausgeführten numerischen Berechnung. Die Annahme, welche dabei über die in denselben vorkommenden unbestimmten Größen gemacht sind, und der Rechnung zu Grunde liegen, sind schon im Verlaufe des Vorigen mitgetheilt; sie mögen jedoch zur Uebersicht hier noch einmal zusammengestellt werden. 1) $F(\varphi)$ ist gemäß der Hypothese von den Dampfbläschen bestimmt, 2) es ist keine Absorption berücksichtigt, also $\rho = 1$ gesetzt, 3) $\alpha = 0,2876819 \dots$ (Gleichung 4), 4) $A = \frac{1}{17}$ (Gleichung 13).

III.

Zenithabstand der Sonne.	Menge des direct Sonnenlichtes, wenn es nicht durch die Atm. geschwächt würde.	Menge des directen Sonnenlichtes nach der Schwächung durch die Atm.	Menge des Einmal reflectirten Sonnenlichtes.	Menge des mehrfach reflectirten Sonnenlichtes.	Menge des von der Erde ausgehenden und wieder zurückgeschickten Lichtes.	Ganze Lichtmenge, welche die Erde vom Himmel empfängt	Ganze Lichtmenge, welche die Erde überhaupt empfängt
0°	1	0,75	0,14013	0,03375	0,01211	0,18599	0,93599
10	0,98481	0,73533	0,13932	0,03376	0,01190	0,18498	0,92031
20	0,93969	0,69188	0,13691	0,03376	0,01132	0,18199	0,87387
30	0,86603	0,62124	0,13249	0,03377	0,01033	0,17659	0,79783
40	0,76604	0,52620	0,12547	0,03376	0,00899	0,16822	0,69442
50	0,64279	0,41087	0,11496	0,03369	0,00734	0,15599	0,56686
60	0,5	0,28125	0,09943	0,03347	0,00542	0,13832	0,41957
65	0,42262	0,21395	0,08893	0,03321	0,00440	0,12654	0,34049
70	0,34202	0,14749	0,07581	0,03267	0,00336	0,11184	0,25933
75	0,25882	0,08517	0,05909	0,03151	0,00231	0,09291	0,17808
80	0,17365	0,03313	0,03739	0,02867	0,00130	0,06736	0,10049

Man kann nun zu dem zweiten der oben erwähnten Gegenstände, welche sich bei der Betrachtung des Himmels darbieten, übergehen, und es sey also die Aufgabe gestellt, *die Helle zu bestimmen, mit welcher uns der Himmel an seinen verschiedenen Punkten erscheint.*

Dabei ist es nöthig, vorläufig die Principien festzustellen, nach welchen diese Bestimmung geschehen muß. Man denke sich die Atmosphäre in unendlich viele horizontale Schichten getheilt, und betrachte zuerst die Wirkungen Einer solchen Elementarschicht. Die Lichtmenge, welche irgend ein Stück derselben versendet, läßt sich aus dem Früheren bestimmen, und sie möge für eine Flächeneinheit der Schicht mit λ bezeichnet werden. Es fragt sich nun, wie man von dieser Lichtmenge auf die Helle der Schicht schließen kann. Ohne auf die Betrachtungen, die dahin führen, näher einzugehen, soll hier nur das Resultat derselben angegeben werden.

Sey der Winkel, den die Richtung nach dem Auge des Beobachters mit der Normale auf der Schicht bildet, $=\beta$, und der Radius der Sonnenscheibe, der etwa 16' beträgt, $=\sigma$, so ist die Helle, mit der die Schicht erscheint:

für den Fall, daß λ gleichförmig zerstreut ist, $=\frac{\sigma^2}{4} \sec \beta \cdot \lambda$ (17)

- - - - - gemäß $F(\varphi)$ - - - $=\frac{\sigma^2}{4} F(\varphi) \sec \beta \cdot \lambda$ (17a)

wobei die Helle der Sonne, wie sie einem Beobachter außerhalb der Atmosphäre erscheinen würde, als Einheit gesetzt ist. Diese durch (17) oder (17a) ausgedrückte Helle würde, wenn sich zwischen dem Beobachter und der Schicht keine Luft mehr befände, von der Entfernung der Schicht ganz unabhängig seyn; da aber die Strahlen, ehe sie zum Beobachter gelangen, noch geschwächt werden, so muß man in dieser Beziehung die Entfernung berücksichtigen. Auch noch aus einem anderen Grunde ist die Höhe, in welcher sich die Schicht befindet, von Einfluß: indem nämlich λ nicht eine Constante ist, sondern von dieser Höhe abhängt. Die Wirkungen beider Umstände können aber

leicht in die gegebenen Formeln mit eingeführt werden, und somit läßt sich die Helle, mit der eine Schicht in der Höhe y an der Erdoberfläche wirklich erscheint, als Function von y vollständig bestimmen.

Denkt man sich nun mehrere solche Elementarschichten hinter einander gelegen, so ist die Helle dieses ganzen Systems offenbar gleich der Summe jener einzelnen Helligkeiten, und daraus folgt, daß man die Helle, mit der uns der Himmel in irgend einer Richtung erscheint, findet, indem man den für die Elementarschicht gewonnenen Ausdruck nach y integrirt.

Aber auch dieser Gegenstand ist nicht mit einer einzelnen Rechnung erschöpft, sondern man gelangt hier wiederum zu einer unendlichen Reihe von Werthen. Geht man nämlich von dem durch die erste Reflexion zerstreuten Lichte aus und wendet darauf jenes Verfahren an, so erhält man eine gewisse Helle für den Himmel; dabei ist aber der Verlust, den das Licht unterwegs erleidet, nur schlechtweg in Abzug gebracht, und es muß daher das zum zweiten Male zerstreute Licht noch besonders berücksichtigt werden. Hat man die durch dasselbe hervorgebrachte Helle bestimmt, so bleibt weiter das zum dritten Male zerstreute Licht zu betrachten u. s. f. Dazu kommt außerdem noch dasjenige Licht, welches von der Erde ausgehend in der Atmosphäre zerstreut wird, und in welchem ebenfalls noch jene wiederholten Reflexionen vorgehen. Alle Helligkeiten, die man auf solche Weise einzeln bestimmen kann, geben erst zusammen die ganze Helle, mit der uns der Himmel erscheint.

Betrachtet man nun jene verschiedenen Lichtmengen, die in Rechnung kommen sollen, so sieht man, daß nur die erste derselben die Formel (17a) erfordert, alle anderen dagegen mittelst der Formel (17) behandelt werden können. Daher braucht man auch nur die Wirkungen der ersten einzeln zu untersuchen, und kann darauf alle übrigen in Einer Berechnung zusammenfassen.

Aus der ersten dieser beiden Untersuchungen ergibt sich, daß die Helle, welche der Himmel dem nur Ein-

mal reflectirten Lichte verdankt, bestimmt wird durch die Formel:

$$\frac{\sigma^2}{4} F(\varphi) \sec \beta \frac{e^{-a \sec \beta} - e^{-a \sec \gamma}}{\sec \gamma - \sec \beta} \dots \dots \dots (18)$$

welche aber für den besonderen Fall, daß $\beta = \gamma$ ist, ersetzt werden muß durch:

$$\frac{\sigma^2}{4} F(\varphi) a \sec \beta e^{-a \sec \beta} \dots \dots \dots (18a)$$

Die zweite Untersuchung führt hier abermals auf eine geometrische Reihe, deren Summe diejenige Helle giebt, welche durch alle gleichförmig zerstreuten Lichtmengen zusammen bewirkt wird. Diese Summe ist:

$$\frac{\sigma^2}{4} \cdot \frac{1 - e^{-a \sec \beta}}{a} \cdot S \frac{1}{1 - \rho v} \dots \dots \dots (19)$$

wenn man zur Abkürzung gesetzt hat:

$$S = \rho^2 N + LA \cdot \frac{4}{3} \rho (1 - u) \frac{1}{1 - Aw} \dots \dots \dots (19a)$$

Addirt man nun endlich die Ausdrücke (19) und (18) oder resp. (18a), so erhält man die ganze Helle, mit der uns der Himmel überhaupt erscheint, und zwar für jeden Stand der Sonne bis 80° Zenithabstand, und für jeden beliebigen Punkt des Himmels.

Es muß hiebei noch ein Umstand erwähnt werden, durch den es ein eigenes Interesse gewinnt, daß durch die vorstehenden Entwicklungen nicht die ganze Helle des Himmels in Einer Formel gegeben, sondern in die beiden Ausdrücke (18) und (19) gesondert ist. Es ist nämlich bekannt, daß man in der Polarisation des Himmelslichtes gewisse Unregelmäßigkeiten entdeckt hat, indem es Räume am Himmel giebt, wo die Polarisationsebene andere Lagen hat, als man nach den gewöhnlichen Reflexionsgesetzen erwarten sollte, und bestimmte Punkte (die sogenannten neutralen Punkte), wo gar keine Polarisation stattfindet. Die Erklärung dieser Erscheinung im Allgemeinen ist schon gegeben, daß nämlich die regelmäßige Polarisation dem nur Einmal reflectirten Lichte angehört; alles übrige beigemischte

Licht dagegen die erwähnten Unregelmäßigkeiten hervorbringt. Um indessen auf diesen Gegenstand genauer eingehen zu können, muß man die durch die beiden verschiedenen Arten von Licht hervorgebrachten Helligkeiten einzeln bestimmen, wie es hier durch (18) und (19) geschehen ist.

Wie oben für die vom ganzen Himmel kommende Lichtmenge, so sind auch für die Helle des Himmels beispielsweise einige numerische Berechnungen ausgeführt, deren Resultate sich in der nachfolgenden Tabelle befinden.

Es sind nämlich sechs verschiedene Stellungen der Sonne gewählt, und für jede derselben folgende Reihe von Werthen bestimmt: 1) die Helle der Sonne selbst, wie sie bei dieser Stellung nach der Schwächung durch die Atmosphäre erscheint; 2) die Helle des Himmels in unmittelbarer Nähe der Sonne; 3) die Helle des Himmels im Zenith; 4 und 5) die Helle des Himmels in einem Horizontalkreise von 60° Zenithabstand und im Horizonte selbst. In den beiden zuletzt genannten Kreisen sind in jedem vier Punkte gewählt, welche ihn in vier Quadranten theilen, nämlich der der Sonne zunächst liegende Punkt, der gegenüberliegende, und die beiden in der Mitte dazwischen befindlichen. Die beiden ersteren sind mit den Ueberschriften »Horizontalabstand $=0$ und $=180^\circ$ « bezeichnet. Die beiden letzteren, welche gleiche Helle haben, sind in Eine Rubrik mit der Ueberschrift »Horizontalabstand $=90^\circ$ « zusammengefaßt. — Unter jeder Zahl, welche die Helle des Himmels ausdrückt, stehen noch zwei andere durch einen Strich von derselben getrennt. Von diesen bedeutet die obere die nur von dem ein Mal reflectirten Licht, und die untere die von allem übrigen Lichte herstammende Helle. Es sind also die Werthe der Formeln (18) und (19).

Die Hypothesen, auf welchen die Berechnung dieser Tabelle beruht, sind dieselben, wie die, welche der vorigen Tabelle voraufgeschickt wurden. Als Einheit der Helle ist bei diesen Zahlen nicht die ganze Helle der Sonne außerhalb der Atmosphäre, sondern ein Milliontel derselben

angenommen, weil sonst zu unbequeme Brüche entstanden wären.

IV.

Helle der Sonne außerhalb der Atmosphäre = 1000000.

Zenithabstand der Sonne.	Helle der Sonne.	Helle des Himmels							
		in unmittelbarer Nähe der Sonne.	im Zenith.	in einem Horizontal-kreise 60° vom Zenith			im Horizonte		
				Horizontal-abst. = 0°.	Horizontal-abst. = 90°.	Horizontal-abst. = 180°.	Horizontal-abst. = 0°.	Horizontal-abst. = 90°.	Horizontal-abst. = 180°.
0°	750000	6,185 0,640 6,825	6,185 0,640 6,825	2,355 1,120 3,475			2,492 2,559 5,051		
10°	736300	6,462 0,663 7,125	3,907 0,629 4,536	4,143 1,100 5,243	2,223 1,100 3,233	1,460 1,100 2,560	3,593 2,515 6,108	2,446 2,515 4,961	1,983 2,515 4,498
10°	686900	7,395 0,747 8,142	2,304 0,596 2,900	6,548 1,044 7,592	1,828 1,044 2,872	1,049 1,044 2,093	5,748 2,385 8,133	2,282 2,385 4,667	1,699 2,385 4,084
30°	582500	9,278 0,949 10,227	1,177 0,542 1,719	9,278 0,949 10,227	1,329 0,949 2,278	0,824 0,949 1,773	8,197 2,170 10,367	1,869 2,170 4,039	1,383 2,170 3,555
10°	431200	10,398 1,143 11,541	0,809 0,503 1,312	6,336 0,880 7,216	1,045 0,880 1,925	0,703 0,880 1,583	7,882 2,010 9,892	1,433 2,010 3,443	1,099 2,010 3,109
10°	190500	9,060 1,353 10,413	0,462 0,418 0,880	3,615 0,732 4,347	0,657 0,732 1,389	0,484 0,732 1,216	4,253 1,672 5,925	0,634 1,672 2,306	0,548 1,672 2,220

In allen bisherigen Entwicklungen ist für die Schwächung einer Lichtmenge in einem unvollkommen durchsichtigen Mittel der Ausdruck:

$$e^{-\delta x}$$

angenommen worden. Derselbe setzt aber voraus, daß entweder das Licht homogen sey, oder das Mittel auf alle vorkommenden Farben gleich stark schwächend wirke. Ist keine dieser beiden Bedingungen erfüllt, so wird der Ausdruck

complicirter. Bestehe nämlich das Licht ursprünglich aus den Theilen $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ etc., deren jeder eine bestimmte Farbe habe, so würde man einen Ausdruck von der Form

$$\lambda_1 e^{-\delta_1 x} + \lambda_2 e^{-\delta_2 x} + \lambda_3 e^{-\delta_3 x} + \dots$$

erhalten. Bei dem Sonnenlichte aber, welches aus einer unendlichen Reihe von Farbennüancen besteht, würde auch ein solcher Ausdruck nicht mehr möglich seyn, weil er unendlich viele Glieder haben müßte. Um diese Schwierigkeit zu vermeiden, könnte man sich etwa das Sonnenlicht aus einer bestimmten Anzahl einzelner Farben bestehend denken, welche so gewählt wären, dafs sie der unendlichen Reihe hinlänglich genau entsprächen, und für diese den obigen Ausdruck bestimmen.

Was nun die vorstehenden Entwicklungen in Bezug auf solches zusammengesetztes Licht betrifft, so könnte man die gefundenen Formeln auf die verschiedenen Farben einzeln anwenden, wobei nur die Constante a verschiedene Werthe hätte, und müßte die einzelnen Resultate addiren, um das Gesamtergebn zu erhalten.



IV. *Ueber die Abstossung der optischen Axen der Krystalle durch die Pole der Magnete;* *von Plücker.*

Professor der Physik in Bonn.

1) In der gegenwärtigen Abhandlung beabsichtige ich eine Reihe neuer Beobachtungen mitzutheilen, die sich an die neuesten Entdeckungen des Hrn. Faraday anschliessen und durch diese hervorgerufen worden sind, Beobachtungen, die, wenn wir sie in einen allgemeinen Ausdruck zusammenfassen, zu dem folgenden empirischen Gesetze führen.

Wenn man einen beliebigen Krystall mit einer einzigen optischen Axe zwischen die beiden Pole eines Magneten bringt, so wird diese Axe von jedem der beiden Pole abgestossen. Wenn der Krystall zwei optische Axen hat, so wird jede dieser beiden Axen von jedem der beiden Pole mit derselben Kraft abgestossen.

Die Kraft, welche diese Abstossung hervorbringt, ist unabhängig von der magnetischen oder diamagnetischen Beschaffenheit der Masse des Krystalls; sie nimmt mit der Entfernung von den Magnetpolen langsamer ab, als die, von diesen Polen aus, auf den Krystall wirkenden magnetischen oder diamagnetischen Kräfte.

2) Um den Ueberblick und die Beurtheilung meiner Beobachtungen und der daraus gezogenen Folgerungen möglichst zu erleichtern, erscheint es mir am angemessensten für die Darstellung ganz denselben Weg einzuschlagen, der mich selbst zu den vorstehenden Resultaten geführt hat. Zuvor aber wird es unerläßlich seyn, über die Art und Weise, wie ich meine Versuche angestellt habe, mit kurzen Worten zu berichten.

Zunächst in der Absicht, die Faraday'schen Versuche über Magnetismus und Diamagnetismus, so wie über die Drehung der Polarisationssebene des Lichtes durch magnetische Einwirkung zu wiederholen, liefs ich unter meinen

Augen durch den Universitäts-Mechaniker, Hrn. Etter, einen starken Elektromagneten construiren, und, um sicher wenigstens die gleiche Wirkung zu erhalten, wählte ich dabei für den Eisenkern dieselben Dimensionen, die Hr. Faraday für seinen grossen Hufeisenmagneten angiebt, nur dafs ich das englische Fufsmaafs mit dem *Pariser* vertauschte. Die Flächen der Polenden sind demnach Kreise, deren Durchmesser 102^{mm} ($3\frac{3}{4}$ Par. Zoll) betragen, und deren Mittelpunkte 284^{mm} ($9\frac{3}{4}$ Par. Zoll) von einander abstehen. Der Eisenkern wiegt 84 Kilogramm, und jeder seiner beiden senkrecht stehenden Schenkel ist mit vier Lagen von Kupferdraht umwickelt, deren jede aus 92 Windungen besteht. Dieser Draht ist $4^{\text{mm}},36$ dick (2 rhein. Linien, während der Draht des Faraday'schen Magneten 0,17 engl. Zoll beträgt), indem ich aus theoretischen Gründen die grösste Drahtdicke wählte, bei welcher der gut ausgeglühte und umsponnene Draht sich noch leicht genug handhaben läfst. Das Gewicht des Drahtes beträgt ungefähr 35 Kilogramm. Die Drahtumwicklung erstreckt sich bis zu den Polflächen; auf jede von diesen ist ein Aufsatz von weichem Eisen, der denselben Querschnitt hat und 48^{mm} hoch ist, aufgeschliffen. Die beiden Aufsätze sind in der Mitte ihrer Höhe durchbohrt, und in die Durchbohrungen, die 20^{mm} im Durchmesser haben, werden zwei darin passende, verschiebbare, an einem ihrer Enden konisch zugespitzte, Cylinder von weichem Eisen eingesteckt und durch Schrauben festgehalten. Die konischen Zuspitzungen, in welchen die magnetische Wirkung sich concentrirt, können beliebig einander genähert und von einander entfernt, und auch mit den Aufsätzen und ohne dieselben fortgenommen werden. Eine Tischplatte, die höher und tiefer gestellt werden kann, und mit zwei runden Oeffnungen versehen ist, durch welche die Schenkel des Elektromagneten hindurchgehen, trägt einen Glaskasten mit der Coulomb'schen Drehwage. Auf der Welle dieser letzteren wickelt sich ein starker Faden, der aus einer gröfseren Anzahl nebeneinanderliegender einzelner *Coconfäden* besteht, auf und ab, und an diesen können schwe-

rere Massen bis zu einem halben Kilogramm und mehr unmittelbar aufgehängt werden, etwa in einem leichten Schiffchen an einem kleinen Haken. Was die Aufhängung leichter Körper betrifft, so habe ich ein solches Schiffchen, in welches derselbe gelegt wird, bei meinen magnetischen und diamagnetischen Versuchen gleich von Anfang verwerfen zu müssen geglaubt, weil ich keine Materie fand, die sich nicht zwischen den beiden Polen meines Elektromagneten magnetisch oder diamagnetisch einstellte. Ich hänge jeden solchen leichten Körper unmittelbar in eine doppelte Schleife eines einzelnen oder doppelten Coconfadens, der eine Länge von 60 bis 300^{mm} hat und mit etwas Wachs an dem freien Ende des dickeren, über die Welle der Drehwage gehenden Fadens befestigt wird. Am besten macht man die Aufhängungen in dem Glaskasten selbst, weil da der einzelne Coconfaden leichter zu sehen ist, und bei einiger Uebung gelangt man leicht dahin, in einer Stunde in derselben Schleife eines solchen Coconfadens 20 bis 30 verschiedene Aufhängungen zu machen. Zugleich ist man auf diesem Wege im Stande, Körper, die nicht gröfser und schwerer sind als etwa ein einzelner Staubfaden einer Kirschblüthe, auf Magnetismus und Diamagnetismus zu prüfen.

Um den Magnetismus im Elektromagnet hervorzurufen, habe ich mich bei allen in dem Nachstehenden angeführten Versuchen blofs drei oder vier kleiner Grove'schen Elemente bedient und diese als Kette verbunden. Das Platin tauchte in käuflicher concentrirter Salpetersäure, das Zink in eine Mischung von 1 Th. concentrirter Schwefelsäure und 9 Theilen Wasser.

3) Im Laufe des Monates Mai hatte ich eine grofse Menge von Versuchen angestellt, die das allgemeine Resultat zu liefern scheinen, dafs in jedem Pflanzen- (und vielleicht auch Thier-) Individuum constante magnetische und diamagnetische Gegensätze sich zeigen, die mit der physiologischen Entwicklung desselben zusammenhängen. Das Nähere behalte ich einer späteren Mittheilung vor, und bemerke nur, dafs diese Versuche mich dahin führten, zu un-

tersuchen, ob auf die Stellung der zwischen den beiden Magnetpolen aufgehängten Pflanzentheile die Faserrichtung Einfluss habe, und hier trat mir beiläufig die Frage entgegen, ob, wenn in gleicher Weise ein Krystall aufgehängt wird, dessen krystallographische Structur von Einfluss sey. Gleich der erste Versuch gab eine entscheidende Antwort.

4) Ich nahm nämlich eine grüne Turmalinplatte, wie sie Hr. Soleil zur Polarisation des Lichtes liefert. Die Dicke der Platte beträgt 3^{mm}; ihre größeren Begrenzungsflächen bilden annäherungsweise ein Rechteck, 12^{mm} lang und 9^{mm} breit. Die Längenrichtung der Platte fällt mit der Richtung ihrer optischen Axe zusammen. Wenn diese Platte an einem Coconfaden so aufgehängt wurde, *dass die Richtung des Fadens mit der Richtung der optischen Axe zusammenfiel*, so stellte sie sich, wie es jeder magnetische Körper von gleicher Form gethan haben würde, in der Weise, dass ihre Breitenrichtung mit derjenigen geraden Linie, welche die beiden Polspitzen verbindet, zusammenfiel, und die Platte behauptete diese Stellung entschieden auch dann noch, nachdem die Polspitzen fortgenommen worden waren. Dieses Resultat hatte ich erwartet, weil die Turmalinplatte so stark magnetisch war, dass sie in der unmittelbaren Nähe einer Polspitze aufgehängt, von dieser angezogen wurde.

5) Dieselbe Turmalinplatte wurde nun so aufgehängt, dass ihre Breitenrichtung mit der Richtung des Coconfadens zusammenfiel, und *die optische Axe also in der Horizontalebene frei schwingen konnte*. Die Polspitzen waren einander nicht zu nahe und wurden zuletzt ganz fortgenommen. Als magnetischer Körper hätte sich die Platte so stellen müssen, dass ihre Längen- und Axenrichtung mit der Linie der Polspitzen zusammenfielen. Sie stellte sich aber, wie ein diamagnetischer Körper von gleicher Form gethan haben würde, nämlich mit ihrer Längen- und Axenrichtung *senkrecht gegen die Linie der Polspitzen*.

6) Dieselbe Turmalinplatte wurde endlich auch so noch

aufgehängt, daß sie selbst, und mithin auch ihre optische Axe, horizontal schwingen konnte. Sie nahm wiederum mit Entschiedenheit, wie bei der zweiten Aufhängung, diejenige Lage ein, die ein diamagnetischer Körper von gleicher Form eingenommen haben würde; ihre Breitenrichtung stellte sich in die Linie der Polspitzen, ihre Längen- und Axenrichtung *senkrecht gegen dieselbe*.

7) Durch Oeffnen und Schließen der Kette konnte man bei jeder der drei Aufhängungen den Turmalin herumwerfen und in der gerade entgegengesetzten Lage festhalten.

8) Wenn wir annehmen, daß von jedem der beiden Pole des Elektromagneten aus eine gleiche Abstossung auf die Axenrichtung der Turmalinplatte stattfindet, und daß diese Abstossung stärker ist, als die Anziehung, die von denselben Polen aus, in Folge der magnetischen Vertheilung in der eisenhaltigen Turmalinmasse, auf dieselbe Axe ausgeübt wird, so erhalten wir einen allgemeinen Gesichtspunkt, unter welchem wir die beschriebenen Erscheinungen auffassen können.

Da bei der Stellung, welche die Turmalinplatte in den Versuchen der 5. und 6. Nummer annimmt, durch die neue, die Abstossung hervorbringende, Kraft die magnetische Anziehung der Materie zuvor überwunden werden muß, so war vorauszusehen, daß die fraglichen Erscheinungen sich modificiren würden, wenn die magnetische Richtkraft dadurch wächst, daß der Krystall eine solche Form hat, wobei die Dimension desselben nach der Axenrichtung gegen seine anderen Dimensionen sehr überwiegend ist, und daß die beiden Polspitzen einander möglichst genähert werden. Nachdem ich mich daher nochmals von der Richtigkeit der früheren Versuche überzeugt und dieselben durch eine zweite Turmalinplatte von ähnlichen Dimensionen bestätigt gefunden hatte, wählte ich einen dunkelbraunen, fast undurchsichtigen Turmalinkrystall, in der Form einer sechsseitigen Säule, die ungefähr 36^{mm} lang und 4^{mm},5 dick war, und brachte die Polspitzen einander so nahe, daß er nur eben noch frei dazwischen schwingen konnte. Der Turmalin stellte sich, der magne-

tischen Anziehung folgend, so, daß die Axe der Säule, die auch seine optische Axe ist, mit der Linie der Polspitzen zusammenfiel. Je weiter man die Polspitzen von einander entfernte, mit desto geringerer Kraft richtete sich der Krystall, und wenn die Entfernung derselben mehr als 80^{cm} betrug, so drehte er sich um 90°, als wenn er diamagnetisch geworden wäre, so daß nun seine Axe gegen die Linie der Polspitzen senkrecht stand. Bei größerer Entfernung der Polspitzen nahm die Kraft, welche ihn in der beschriebenen Lage festhielt, zu; in welcher er auch dann noch entschieden beharrte, nachdem die Polspitzen ganz fortgenommen worden waren.

Die Spitzen wurden wieder eingesteckt und so weit vorgeschoben, daß der Turmalin sich axial (in der Linie der Spitzen) stellte. Wenn man ihn dann, durch Auf- oder Abwicklung des Fadens, an welchem er aufgehängt war, hob oder senkte, so drehte er sich, bei einer gewissen Hebung oder Senkung, um 90°, indem er sich äquatorial (senkrecht gegen die Linie der Polspitzen) stellte. Bis zu der Gränzlage, wo diese Drehung stattfindet, nahm die axiale Richtkraft bis zum Verschwinden ab, wo dann die äquatoriale Richtkraft hervortrat, bei einer größeren Hebung oder Senkung sich steigerte, dann wieder abnahm, aber noch in einer Entfernung von 200 bis 250^{cm} von der Linie der Polspitzen deutlich sich zeigte.

Auch hier konnte man bei allen beschriebenen Versuchen durch Oeffnen und Schließen der Kette den Turmalin um 180° herumwerfen und in der entgegengesetzten Lage festhalten.

9) Der Uebergang von einer Stellung des Turmalins in die andere schien auch dann noch ganz an derselben Stelle zu erfolgen, nachdem die Kraft des Elektromagneten verstärkt oder geschwächt wurde.

10) Wenn wir die Hypothese einer abstossenden Wirkung der Magnetpole auf die Axenrichtung beibehalten, so müssen wir nach den Versuchen, über welche in den vorigen beiden Nummern berichtet worden ist, nothwendig an-
nehmen

nehmen, daß die Kraft, welche diese Abstossung hervorbringt, *langsamer mit der grösseren Entfernung* abnimmt, als die von denselben Polen ausgehende Kraft der magnetischen Anziehung.

10) Bevor ich andere Krystalle in gleicher Weise als den Turmalin untersuchte, schien es mir angemessen, bei diesem Mineral, das die beschriebenen, mich überraschenden Erscheinungen zuerst zeigte, diese Erscheinungen mit ihren Modificationen möglichst vollständig zu untersuchen. Zwei andere Turmalinkrystalle, demjenigen der zu dem Versuche der 7. Nummer gedient hatte ähnlich, nur schwerer, der eine 47^{mm} lang und etwa 3^{mm} dick, der andere bei gleicher Länge etwa 5^{mm} dick, zeigten im Allgemeinen ganz dasselbe. Alle diese Turmaline wurden in der unmittelbaren Nähe eines Magnetpols mit ihrer ganzen Masse angezogen.

12) Ein Rubellit, 9^{mm} lang und 6 bis 7^{mm} dick, stellte sich, wenn die Polspitzen 13^{mm} von einander entfernt waren, in der Linie der Spitzen axial, drehte sich aber schon nach einer Hebung von ungefähr 20^{mm} oder einer Senkung von ungefähr 30^{mm} um 90°, indem er sich aequatorial stellte.

Ein roth durchscheinender Turmalin, 30^{mm} lang, verhielt sich entsprechend.

Dann untersuchte ich vier kleinere Turmalinkrystalle von der Insel Elba, 4 bis 9^{mm} lang, einer halb hell- und halb dunkelgrün, ein zweiter ganz hellgrün, ein dritter in der Mitte hell- an beiden Enden dunkelgrün, und der vierte roth. Alle waren, wie auch die beiden früheren, stark magnetisch, der erste an dem dunkelgrünen Ende stärker als an dem hellgrünen. Sie gaben sämmtlich die in der 7. Nummer beschriebenen Erscheinungen, nur daß der dritte und kleinste durchaus nicht in die axiale Lage gebracht werden konnte, weil er, wenn man die Polspitzen in dieser Absicht näher rückte, bevor er in diese Lage gelangen konnte, an eine der Polspitzen ansprang.

13) Endlich muß ich noch eines wasserhellen Turmalins erwähnen, dessen Längendimension mit der Axenrich-

tung zusammenfiel, der übrigens aber unregelmäßig war. Die Masse desselben zeigte sich *diamagnetisch*, wonach es scheint, daß überhaupt, sowohl die rothe, als auch die grüne Färbung desselben, von Eisen herrühre. Hiernach mußte die diamagnetische Kraft, die von den Polen des Elektromagneten ausging, übereinstimmend mit der Abstossung auf die Axenrichtung wirken, um den Krystallaequatorial zu stellen.

14) Was den Turmalin anbetrifft, hielt ich mich nach dem Vorstehenden für berechtigt, das Gesetz als feststehend zu betrachten, daß die Axenrichtung desselben von den Polen eines Magneten abgestossen wird, und daß diese Abstossung in dem gewöhnlichen Falle, daß die Masse des Turmalins magnetisch ist, bei gehöriger Entfernung der Pole selbst die, bei überwiegender Dimension des Krystalls nach der Axenrichtung, hervorgebrachte magnetische Anziehung der Axe überwindet.

Hier drängt sich ganz natürlich der Gedanke auf, ob nicht vielleicht die beobachteten Erscheinungen mit der bekannten Thatsache, daß der Turmalin bei der Erwärmung und Erkaltung elektrische Polarität zeigt, in unmittelbarer Beziehung stehe. Doch das muß entschieden in Abrede gestellt werden.

15) Es wäre freilich leicht möglich gewesen, daß durch die Berührung des Turmalins bei der Aufhängung elektrische Strömungen in der Masse desselben hervorgerufen worden wären. Aber der Turmalin zeigte, nachdem er vier und zwanzig Stunden ruhig unter dem Glaskasten der Drehwage gehangen hatte, und dann der Elektromagnet wieder in Thätigkeit gesetzt wurde, ganz dieselben Erscheinungen, und auch dann war in denselben durchaus kein Unterschied wahrzunehmen, wenn er, durch Erwärmung zwischen den Magnetpolen, an seinen Enden elektrisch wurde.

16) Wenn der Turmalin unter Wasser aufgehängt wurde, so stellte er sich ebenfalls mit ganzer Entschiedenheit, und hierbei änderte sich nichts, wenn das Wasser bis in die *Nähe des Siedepunkts* erwärmt wurde. Bei der hier statt-

findenden Benetzung der Oberfläche des Krystalls kann zwar auf der Oberfläche desselben keine elektrische Spannung hervortreten; wenn diese Spannung aber die Folge von inneren elektrischen Fluctuationen ist, so wäre vielleicht zu erwarten, daß diese durch die continuirliche Ableitung der auf der Oberfläche hervortretenden freien Electricität befördert würden.

17) Der entscheidendste Beweis gegen die Annahme, daß überhaupt *elektrische Strömungen im Inneren des Krystalls, welche nicht erst durch den Magneten hervorgerufen werden*, der Grund der fraglichen Erscheinungen seyen, liegt in dem Umstande, daß solche Ströme, welche Richtung wir ihnen auch zuschreiben mögen, eine *polare* Abstossung der Axenrichtung hervorbringen würden. Diesem widerspricht aber die Beobachtung auf das Bestimmteste.

18) Da die Abstossung der Axenrichtung durch die Magnetpole hiernach nicht pyro-elektrischen Ursprungs ist, so stand zu erwarten, daß sie auch nicht auf den Turmalin, den ich zufällig zuerst genommen hatte, und auf einige wenige Krystalle sich beschränkte. Nachdem ein vorläufiger Versuch mit einem Stückchen Bergkrystall dieselbe auch bei diesem nachgewiesen hatte, unternahm ich die Prüfung der verschiedenen Krystalle, und zwar zunächst der *einaxigen*. Bei dieser Prüfung war vor Allem auf eine Unterscheidung Rücksicht zu nehmen, darauf nämlich, ob die Substanz der Körper *magnetisch* oder *diamagnetisch* sich verhielt. Namentlich kam es darauf an, neben dem in Folge des Eisengehaltes magnetischen Turmalin einen Krystall von diamagnetischer Substanz zu prüfen. Um hierbei eine Wirkung zu erhalten, die durchaus nicht dem Diamagnetismus zugeschrieben werden könnte, mußte eine solche Krystallform gewählt werden, oder dem Krystall mußte künstlich eine solche Form gegeben werden, daß die kürzeste Dimension derselben mit der Axenrichtung zusammenfiel. Die Form des wasserhellen diamagnetischen Turmalins der 13. Nummer entspricht nicht der Anstellung eines entscheidenden Versuchs.

19) Ich untersuchte hiernach zuerst den Doppelspath, dessen Masse entschieden diamagnetisch ist. Ein von natürlichen Spaltungsflächen begränzter, wasserheller Krystall, dessen Kantenlängen 60^{mm} , 50^{mm} , 28^{mm} betrugen, wurde ohne Anwendung der Polspitzen so aufgehängt, daß seine Axe zwischen den Polen horizontal schwingen konnte. Diese Axe stellte sich genau aequatorial, wobei der Krystall eine solche Lage einnahm, in welcher weder eine magnetische noch eine diamagnetische Masse von gleicher Form, in Folge der magnetischen und diamagnetischen Einwirkung der Pole des Elektromagneten, zur Ruhe gekommen seyn würde.

20) Dann nahm ich einen kleineren Krystall in der Grundform, der sich zwischen den genäherten Polspitzen, den Diamagnetismus überwindend, mit seiner Axenrichtung genau aequatorial stellte.

Ein zweiter gröfserer solcher Krystall, dessen Kantenlänge 15^{mm} war, und dessen stumpfe Ecken senkrecht gegen die optische Axe so weit abgeschliffen worden waren, daß die Dicke des Krystalls nach der Axenrichtung nur noch 10^{mm} betrug, wurde, wie die beiden früheren, aufgehängt und stellte sich mit seiner Axe, wie diese. Wenn die Polspitzen indels so weit genähert wurden, daß derselbe mit seinen gröfseren Dimensionen sich nicht mehr in die Linie der Polspitzen stellen konnte, so richtete er sich, indem er eine Drehung von 90° nahm, wie ein diamagnetischer Körper, so daß seine Axenrichtung mit der Linie der Polspitzen zusammenfiel, und die diamagnetische Abstofsung der Masse die Lage des Krystalls bestimmte.

21) Dann untersuchte ich noch mehrere senkrecht gegen die Axe geschliffene Platten, die sich alle entsprechend verhielten. Eine solche Platte, die 26 bis 30^{mm} breit und lang und 6^{mm} dick war, stellte sich, in gleicher Weise aufgehängt und frei schwingend, wie eine diamagnetische Masse; bei einer gröfseren Entfernung der Pole aber, oder bei einer Verkürzung oder Verlängerung des Coconfadens, stellte sie sich nach einer Drehung von 90° so, als ob sie magnetisch geworden wäre, die Axe senkrecht gegen die Linie der Polspitzen gekehrt.

22) Die in dem Vorstehenden beschriebenen Versuche beweisen übereinstimmend, daß von den Polen des Magnets eine Abstofsung auf die Axenrichtung des Doppelspaths ausgeübt wird, und daß, wenn durch Verkürzung der Dimension nach dieser Richtung aus der diamagnetischen Abstofsung der Masse des Krystalls eine Anziehung auf die Axenrichtung resultirt, bei gehöriger Entfernung der Pole, diese Anziehung kleiner wird, als jene Abstofsung.

23) Während der wasserhelle Doppelspath diamagnetisch ist, ist ein weißer undurchsichtiger Kalkspathkrystall *magnetisch*, und ein solcher verhielt sich analog wie Turmalin.

24) Der Bergkrystall ist diamagnetisch wie der Doppelspath, und zeigte wie dieser die Abstofsung der Axenrichtung. Nur ist diese Abstofsung *weniger* stark. Wenn eine, senkrecht gegen die Axe geschnittene Platte (die die Drehung der Polarisationssebene zeigt) etwa drei Mal länger und breiter als dick ist, so stellte sie sich, mit der Axe horizontal aufgehängt, wie ein diamagnetischer Körper und war nicht mehr durch Entfernung der Pole um 90° zu drehen, was bei Platten, deren Dimension nach der Richtung der Axe weniger zurücktrat, entschieden stattfand.

25) In einem Soleil'schen Apparate sind, um die conjugirten Hyperbeln im polarisirten Lichte zu zeigen, zwei gleiche Säulen aus Bergkrystall geschliffen, deren Gesamthöhe 50^{mm} beträgt, und deren Basis ein fast regelmäßiges Achteck ist, dessen zwei gegenüberstehenden, 26^{mm} von einander entfernten, Seiten von der optischen Axe rechtwinklig geschnitten werden. Die beiden Säulen sind so zu einer einzigen Säule zusammengekittet, daß in den beiden Hälften die Axenrichtungen auf einander senkrecht stehen. Wenn die ganze Säule so aufgehängt wird, daß ihre Axe (die Axe der Säulenform) mit der Richtung der Coconfäden zusammenfällt, und demnach die optischen Axen horizontal schwingen können, so nimmt sie, in der Art gehoben oder gesenkt, daß einmal die untere, das andere Mal die obere Säulenhälfte sich zwischen den Polspitzen befindet, nach einander zwei verschiedene Stellungen an, deren eine in die andere durch eine Drehung von 90° übergeht,

wobei jedesmal die Richtung der optischen Axe der in der Linie der Polspitzen schwingenden Hälfte sich senkrecht gegen diese Linie stellt.

26) Als solche Krystalle, deren Substanz magnetisch war, und die sich in Folge ihrer Form durch die magnetische Anziehung der Pole des Elektromagneten, wenn sie in der Linie der Polspitzen aufgehängt wurden, wie die Turmaline nach dieser Linie richteten, aber, wenn sie gehoben oder gesenkt wurden, sich nach einer Drehung von 90° aequatorial stellten, bewiesen sich ganz entschieden:

1. ein undurchsichtiger vollständig auskrystallisirter *Quarz* von Hagen, dessen Längen- und Axendimension 10^{mm} betrug;
2. ein *Zirkon*-Quadratocäeder mit abgestumpften Ecken und Kanten aus Sibirien;
3. ein *Beryll*-Krystall aus Sibirien, in einer sechsseitigen Säule, 41^{mm} lang und 11 bis 13^{mm} dick;
4. zwei *Smaragd*-Krystalle, gelblichgrün durchscheinend, der eine 27^{mm} lang und 14^{mm} dick, der andere viel gröfser und mehrere hundert Gramm wiegend;
5. ein schwarzer *Idokras* aus Sibirien, ganz auskrystallisirte quadratische Säule, die Kanten abgestumpft, die Enden zugespitzt und eine Zuspitzung wieder abgestumpft;
6. ein grofser *Korund*.

27) Ich fand zwei Krystalle, welche stark magnetisch waren, und aus der axialen Lage, in welcher der Magnetismus sie festhielt, auch durch eine Entfernung der Pole *nicht* gebracht werden konnten. Bemerkenswerth ist, dafs diese Krystalle beide *magnetische Polarität* zeigten ¹⁾. Es ist mir wahrscheinlich, dafs bei Anwendung eines stärkeren Stromes, der eine gröfsere Entfernung der Polenden gestattet, auch diese Krystalle, den Magnetismus der Substanz überwindend, sich aequatorial stellen würden, was

1) Auch eine der früher erwähnten Turmalinplatten zeigte sich ebenfalls polarisch, aber nur schwach, und nach einer Richtung, welche nicht mit der Axe zusammenfiel.

sie eben so wahrscheinlich auch dann gethan haben würden, wenn ich, was mir nicht gestattet war, ihre Längen- und Axendimension verkürzt hätte.

Diese beiden Krystalle waren die folgenden:

1. ein undurchsichtiger bräunlicher *Pinit*-Krystall aus der Auvergne, eine regelmässige sechsseitige Säule, 12^{mm} lang, 6 bis 7^{mm} dick;
2. ein kleiner *Sapphir*-Krystall.

28) Nach den bisher mitgetheilten Versuchen scheint mir das in der ersten Nummer ausgesprochene empirische Gesetz, so weit es die einaxigen Krystalle betrifft, hinlänglich begründet, und zwar gilt es ohne Unterschied sowohl für *positive* Krystalle, als auch für *negative*.

29) Hiernach war ferner mit Bestimmtheit vorauszusetzen, daß auch bei *Krystallen mit zwei optischen Axen* eine analoge Wirkung stattfinden werde, wie bei einaxigen Krystallen. Als eine solche konnte man entweder eine Abstofsung der *beiden optischen Axen* erwarten, oder auch bloß eine Abstofsung auf ihre *Mittellinie*, das heisst auf diejenige Richtung, welche den von den optischen Axen gebildeten *spitzen Winkel* halbirt. Die Versuche sprechen für die erste allgemeinere Annahme, welche die zweite einschließt.

30) Ich schnitt aus einer *Glimmertafel* eine kreisrunde *Scheibe* von ungefähr 22^{mm} Durchmesser, und hängte dieselbe an einem Coconfaden so auf, daß sie horizontal schwingen konnte. Es liegen bekanntlich die beiden optischen Axen des Glimmers in einer Ebene, die auf dem Blätterdurchgange desselben senkrecht steht, indem sie mit der Normalen zu beiden Seiten derselben Winkel bilden, die ich auf $22^{\circ} \frac{1}{2}$ schätzte. Bei der obigen Aufhängung konnten sich also die Ebenen der beiden Axen um ihre vertical stehende Mittellinie drehen. Zwischen den beiden Magnetpolen nahm das Glimmerblättchen eine solche Stellung an, daß diese Ebene mit der Aequatorialebene zusammenfiel. In dieser Stellung wurde nämlich auf dem Glimmerblättchen die aequatoriale Richtung verzeichnet, und es fand

sich nachher, daß die beiden optischen Axen, das heißt diejenigen beiden Richtungen, welchen beim Hindurchsehen im polarisirten Lichte die Mittelpunkte der beiden Ringssysteme entsprechen, in derjenigen Ebene lagen, welche auf dem Glimmerblättchen in der aequatorialen Richtung senkrecht steht.

Der Glimmer verhält sich wie ein magnetischer Körper.

31) Um den Versuch der vorigen Nummer, mit Rücksicht auf die Schlussbemerkung derselben, abzuändern, wurde auf einer Glimmertafel die Ebene der beiden optischen Axen bestimmt, und aus derselben ein Sechseck mit parallelen gegenüberliegenden Seiten so geschnitten, daß die längere Dimension von 26^{mm} in die eben bestimmte Ebene fiel, während die Breite des Blättchens nur 18^{mm} betrug. Das Glimmerblättchen wurde wiederum wie vorhin aufgehängt, und stellte sich, wenn die Polspitzen möglichst genähert wurden, mit seiner Längenrichtung, also mit der Ebene der beiden Axen in die Linie der Pole. Wurde das Glimmerblättchen gehoben oder gesenkt, so drehte es sich um 90°, so daß die Ebene der beiden optischen Axen sich senkrecht gegen diese Linie stellte.

32) Dann nahm ich einen aus Schottland mitgebrachten wasserhellen *Topas*, der so geschliffen ist, daß er annäherungsweise eine gerade rhombische Säule bildete, deren beiden Paare gegenüberliegender Seitenflächen auf den beiden optischen Axen senkrecht stehen. Die Länge des Krystalls beträgt 19^{mm}, seine Dicke, nach der Richtung jeder der beiden Axen genommen, 10^{mm}. Die Mittellinie zwischen den beiden optischen Axen fiel hiernach mit der kürzeren Diagonale der rhombischen Säule zusammen. Auf zwei an einander stoßenden Seitenflächen waren zwei *dünne* Turmalinplättchen gekittet (die für sich durchaus keinen merklichen Einfluß übten), so daß polarisirtes Licht, das durch den Krystall nach jeder seiner optischen Axen und dann durch das entsprechende Turmalinplättchen hindurchging, eines der beiden Ringsysteme gab. Die Substanz des *Krystalls* war diamagnetisch.

1. Wenn der Krystall so aufgehängt wurde, daß die Ebene seiner beiden optischen Axen sich vertical um die Mittellinie derselben drehen konnte, so stellte sich, bei möglichster Annäherung der Polspitzen, diese Ebene in Folge des Diamagnetismus axial, drehte sich aber, den Diamagnetismus überwindend, um 90° , und stellte sich aequatorial, sobald der Krystall gehoben oder gesenkt wurde.

2. Wenn der Krystall so aufgehängt wurde, daß die Ebene seiner beiden optischen Axen horizontal schwingen konnte, so stellte sich die Mittellinie, bei der beschriebenen Form des Krystalls, wiederum axial, und nach einer Hebung oder Senkung, den Diamagnetismus überwindend, aequatorial.

33) Bei den Versuchen der vorigen Nummer können wir den Topas auch durch den krystallisirten Zucker ersetzen. Diejenigen Ebenen nämlich, nach welchen ein Zuckerkrystall sich am leichtesten spalten läßt, sind auf einer seiner beiden optischen Axen senkrecht, und wenn man zwei solcher Durchgangsflächen polirt (ein bloßes Abschaben durch ein Glasstück reicht hier hin) und zwischen zwei gekreuzte Turmalinplatten bringt, so erkennt man schon aus der Lage des das Ringsystem durchschneidenden schwarzen Streifens die Ebene der beiden optischen Axen, und weiß dann aus dem bekannten Winkel von ungefähr 50° , den diese Axen mit einander bilden, die Richtung der zweiten Axe und der Mittellinie zwischen beiden.

34) Krystalle von brasilianischem Topas, Arragonit, Salpeter, Glaubersalz und von vielen anderen Substanzen, die sich diamagnetisch verhielten und in entschiedener Säulenform krystallisirten, stellten sich zwischen den Polspitzen, so wie in jeder Entfernung von denselben, aequatorial mit ihrer Längen- und Säulenaxe, die (wo nicht in allen Fällen, doch durchschnittlich) zugleich die Mittellinie zwischen ihren optischen Axen ist. Diese Erscheinungen haben an sich, der diamagnetischen Wirkung wegen, keine Beweiskraft; nur durften sie nicht anders sich zeigen. Beweisend aber war der Versuch mit einem Staurolithkrystall,

der magnetisch sich verhielt, und in der Linie der Polspitzen sich axial, gehoben und gesenkt aber aequatorial stellte. Dieser Versuch wurde gleich anfangs, noch vor dem Versuche mit dem Topas, mit dem entschiedensten Erfolge, später aber zu meinem Befremden mit fast zweifelhafter Wirkung angestellt, und zum Schlusse dieser Experimentaluntersuchungen unter neuem Gesichtspunkte wiederholt, so dafs ich auch noch in einer späteren Nummer (40) ausführlich darauf zurückkommen werde.

Ein *Lepidolith*krystall war so stark magnetisch, dafs er bei einer Erhebung nicht herumgeworfen werden konnte, eben so ein schön ausgebildeter *Hornblendekrystall* (eine dicke, an beiden Enden zugespitzte sechsseitige Säule). Ersterer zeigte durchaus keine magnetische Polarität, letzterer sehr entschieden.

35) Es ist noch zu bemerken, dafs man alle zweiaxigen Krystalle, wie alle einaxigen, die in den beschriebenen Versuchen mit einer bestimmten Dimension sich axial oder aequatorial stellten, durch Oeffnen und Schliessen der Kette, um 180° herumwerfen und in der neuen Lage festhalten konnte.

36) Die in der 30. bis 35. Nummer angeführten Erscheinungen finden ihre vollständige Erklärung in der Annahme, dafs von den Magnetpolen aus eine Abstofsung auf die beiden optischen Axen ausgeübt werde, und dann müssen wir, in Folge des zweiten Versuches mit dem Topas (33), zu dieser Annahme noch die Voraussetzung hinzufügen, dafs die Abstofsung auf die beiden optischen Axen gleich grofs ist. Die beiden Glimmerversuche (30, 31), so wie der erste Topasversuch (32), gestatten nicht, dafs wir, statt der Abstofsung auf beide Axen, blofs eine Abstofsung auf die Mittellinie zwischen beiden annehmen.

In dem zweiten Versuche mit dem Glimmerblättchen überwand die Abstofsung auf die Axen die *magnetische*, in dem Fall der Versuche mit dem Topas und dem Zucker die *diamagnetische* Kraft, welche jedesmal den Krystall, in *Gemäfsheit* seiner Form, in eine um 90° verschiedene Stellung zu bringen strebte.

37) Durch eine theoretische Combination hervorgerufen, wurden noch zwei Versuche angestellt, die für zweiaxige Krystalle charakteristisch sind und unsere Aufmerksamkeit vorzugsweise in Anspruch nehmen. Bevor ich aber über dieselben berichte, schicke ich, zur Erleichterung der Uebersicht der Erscheinungen bei zweiaxigen Krystallen, wie sie durch Magnetismus und Diamagnetismus, durch die Lage der beiden Axen, durch die äussere Form des Krystalls und durch die Richtung der Aufhängung in Beziehung auf diese Axen bedingt werden, die folgenden allgemeinen Erörterungen voraus.

Wir können bei einem zweiaxigen Krystall drei Normalaufhängungen unterscheiden, nach drei auf einander senkrechten Richtungen:

1. nach einer Richtung Z , die auf der Ebene der beiden optischen Axen senkrecht steht;
2. nach der Mittellinie Y zwischen den beiden optischen Axen;
3. nach derjenigen Richtung X , welche in der Ebene der beiden optischen Axen auf der Mittellinie derselben senkrecht steht.

In dem ersten Falle schwingt die Ebene XY der beiden optischen Axen horizontal, und es stellt sich, in Folge der Abstossung der Axen, die Mittellinie Y aequatorial¹⁾. Diese Wirkung wird:

) Im Texte haben wir stillschweigend vorausgesetzt, daß die Neigung der beiden Axen gegen einander nicht groß sey. Streng genommen giebt es nach unserer Auffassungsweise auch bei einaxigen Krystallen, wenn sie senkrecht gegen die Axe aufgehängt werden, in Folge der bloßen Axenwirkung eine doppelte Gleichgewichtslage, eine stabile und eine labile. Wenn wir annehmen, daß die einzige Axe sich in zwei theile, die in der Horizontalebene gleich weit zu beiden Seiten von der ursprünglichen Axe sich entfernen, so daß diese nun zur Mittellinie Y wird, so wird das labile Gleichgewicht allerdings ein stabiles, aber die Stabilität desselben ist anfangs nur eine geringe, wird aber größer, wenn die beiden Axen sich weiter öffnen, und wenn diese Axen mit einander einen Winkel von 90° bilden, so ist die Stabilität der beiden Gleichgewichtslagen dieselbe, gleichviel ob wir den Krystall nach der Richtung X oder Y aufhängen. Wahrscheinlich wird ein Eisenvitriolkrystall, dessen beide optische Axen auf einander senkrecht stehen, wenn wir ihm eine solche

a) wenn der Krystall magnetisch und seine Dimension nach der Mittellinie *Y* kleiner ist als senkrecht darauf, nach *X*;

b) wenn er diamagnetisch und seine Dimension nach *Y* größer als nach *X* ist;

einmal durch die magnetische Anziehung, das andere Mal durch die diamagnetische Abstofsung der Masse verstärkt.

Wenn umgekehrt:

c) der Krystall magnetisch und seine Dimension nach *Y* größer als nach *X*;

d) der Krystall diamagnetisch und seine Dimension nach nach *Y* kleiner als nach *X* ist,

so muß die magnetische Anziehung und diamagnetische Abstofsung der Masse erst überwunden werden, bevor die Abstofsung der Axen hervortreten kann.

In der zweiten und dritten Normalaufhängung schwingt die Ebene *XY* der beiden optischen Axen so, daß sie beide Mal immer vertical bleibt, und beide Mal wird sie, in Folge der Axenabstofsung, in die aequatoriale Lage getrieben. In der zweiten Aufhängung schwingt die Richtung *X*, in der dritten die Mittellinie *Y* horizontal und stellt sich aequatorial. Die Axenwirkung wird, wenn:

a) der Krystall magnetisch und seine Dimension im zweiten Falle nach *X* und im dritten Falle nach *Y* kleiner ist als nach *Z*;

b) der Krystall diamagnetisch und seine Dimension bezüglich nach *X* und *Y* größer ist als nach *Z*,

äußere Form geben, bei welcher die magnetische Anziehung keine Drehung hervorbringt, zwei gleich stabile Gleichgewichtslagen zeigen. Bei einem Versuche mit einer dünnen kreisrunden (diamagnetischen) Tafel von schwefelsaurem Kalk von etwa 18^{mm} Durchmesser, in deren Ebene die beiden optischen Axen einen Winkel von 60° bilden, konnte ich nur mit Mühe dieselbe in der zweiten, weniger stabilen Gleichgewichtslage festhalten. Der Versuch ist mit einer größeren Tafel oder bei größerer Zuspitzung der Polflächen zu wiederholen; zugleich aber zu berücksichtigen, daß wenn in Folge der Form die diamagnetische Richtkraft nicht ganz verschwunden ist, diese natürlich die Stabilität des Gleichgewichtes schwächt.

durch die magnetische Anziehung und diamagnetische Abstoßung der Masse verstärkt. Diese Kräfte müssen vorher überwunden werden, wenn die Axenabstoßung sich zeigen soll, wenn

- c) der Krystall magnetisch und seine Dimension nach X oder Y größer ist als nach Z ;
- d) der Krystall diamagnetisch und seine Dimension nach X oder Y kleiner ist als nach Z .

38) Der *Arragonit* krystallisirt in geraden rhombischen Säulen, die durch Entschärfseitung in der Regel zu sechseckigen werden. Aus einer solchen Säule, die vollkommen durchsichtig war, liefs ich ein Stück senkrecht gegen die Axe schleifen und poliren, und bestimmte dann, um vollkommen sicher zu seyn, die beiden Axen durch Hindurchsehen im polarisirten Lichte. Es bilden diese Axen, wie bekannt, mit einander einen Winkel von stark 18° , und die Mittellinie, die diesen Winkel halbirt, fällt mit der Axe der Säulenform zusammen. Die Ebene der beiden optischen Axen fand sich senkrecht auf denjenigen beiden parallelen Seitenflächen, deren Abstand von einander der kleinste war und 10^{mm} betrug. Die Höhe der Säule betrug $12^{\text{mm}},5$, und die größte Diagonale ihrer Endflächen, die auf der Ebene der beiden optischen Axen senkrecht steht, 22^{mm} . Die Richtungen, nach welchen diese drei Dimensionen genommen sind, fallen bezüglich mit den Richtungen, die wir in der vorigen Nummer durch X , Y und Z bezeichnet haben, zusammen, und es ist also, indem wir durch dasselbe Zeichen zugleich auch die entsprechende Dimension bezeichnen:

$$Z > Y > X.$$

Die Substanz des Arragonits ist stark diamagnetisch. Nach der Richtung Z aufgehängt, stellte sich der Krystall mit der Richtung Y aequatorial, und diese Wirkung wurde, da $Y > X$, durch die diamagnetische Wirkung auf die Masse des Krystalls verstärkt.

In Folge der diamagnetischen Wirkung wirft sich der Krystall, wenn er so aufgehängt wird, daß er mit seiner Längsrichtung Z horizontal schwingen kann, so herum,

dafs diese Richtung sich senkrecht gegen die Linie der Polspitzen stellt, und die Kraft, mit welcher dies geschieht, ist offenbar (mit Vernachlässigung von Gröfsen, die hier nicht in Betracht kommen) *dieselbe, gleichviel, nach welcher Richtung der Ebene XY der Krystall aufgehängt wird.* In den beiden Normalaufhängungen nach X und Y ist aber, wenn wir eine Abstofsung, die von den beiden Polen auf die beiden Axenrichtungen ausgeübt wird, annehmen, die dadurch hervorgebrachte Wirkung eine, der Intensität nach, sehr verschiedene. Es kann dieselbe beide Mal nur in einer Drehung der beiden Axenrichtungen um die jedesmalige Linie der Aufhängung bestehen, wobei jede durch einen beliebigen Punkt des Krystalls gehende optische Axe ein einschaliges Rotations-Hyperboloïd, oder, wenn sie insbesondere die Linie der Aufhängung schneidet, eine Kegelfläche beschreibt. Das Drehungsmoment ist aber bei der Aufhängung nach Y kleiner, als bei der Aufhängung nach X, und zwar um so mehr, je spitzer der Winkel ist, den die beiden optischen Axen mit einander bilden, so dafs zugleich mit diesem Winkel (wenn der Krystall ein einaxiger ist) das erste Drehungsmoment ganz verschwindet. Es folgt hieraus, dafs, wenn, wie bei den Versuchen mit Topas und Zucker (32, 33), die Axenwirkung die diamagnetische Wirkung, welche (weil $Z > X$ und $Z > Y$) beide Mal in entgegengesetztem Sinne stattfindet, bei einer Entfernung der Polspitzen überwältigen soll, dieses bei der Aufhängung nach der Mittellinie Y *später* erfolgen mufs, als bei der Aufhängung nach X.

Bei möglichster Annäherung der Polspitzen stellte sich der Krystall beide Mal, wie ein diamagnetischer Körper, mit der Längenrichtung Z aequatorial, und warf sich, bei einer Verkürzung des Coconfadens, beide Mal um 90° herum. *Dies geschah aber, bei der Aufhängung nach der Mittellinie Y, wenn der Krystall ungefähr 40^{mm} über die Linie der Polspitzen gehoben wurde; bei der Aufhängung nach X fand dieses aber schon nach einer Erhebung von 11^{mm} statt.*

39) Ein zweiaxiger Krystall, der die Säulenform hat, und dessen Masse magnetisch ist, muß sich, zwischen den Polspitzen schwingend aufgehängt, nothwendig anders verhalten als ein einaxiger Krystall von ungefähr gleicher äußerer Form. Die Kraft nämlich, mit welcher der einaxige Krystall in die aequatoriale Lage getrieben wird, bleibt unverändert dieselbe, gleichviel wie wir denselben aufhängen, so lange seine Längenrichtung in der Horizontalebene schwingen kann. Ich fand dieses durch einen directen Versuch bestätigt, indem ich mit demselben Turmalin den Versuch der 8. Nummer in der Art drei Mal wiederholte, daß ich, während die Polspitzen unverrückt blieben, den Turmalin nach drei verschiedenen, in einer auf der Säulenaxe senkrechten Ebene liegenden Richtungen aufhänge. Jedesmal war eine Erhebung von genau 24^{mm} nothwendig, um den Turmalin um 90° herumzuwerfen, so daß er sich aequatorial stellte.

Bei einem zweiaxigen Krystall kann dieß, welches auch die Lage der beiden optischen Axen seyn mag, *nicht* der Fall seyn. Wir wollen annehmen, daß bei einem solchen Krystalle die Mittellinie Y mit der Axe der Säule zusammenfalle. Nach welcher Linie in der Ebene XZ wir den Krystall alsdann auch aufhängen mögen, die magnetische Wirkung hält ihn immer mit derselben Kraft in der axialen Lage fest, während die von den Polen ausgehende Abstossung der beiden Axen ihn aequatorial zu stellen strebt, aber mit verschiedener Kraft. Wenn der Krystall nämlich nach der Richtung Z aufgehängt wird, und demnach die beiden optischen Axen horizontal schwingen, so streben die von jedem Magnetpole auf die beiden Axen wirkenden Kräfte Drehungen in entgegengesetztem Sinne hervorzubringen. Wenn aber der Krystall nach der Axe X aufgehängt ist, und demnach die Ebene der beiden Axen während der Schwingung des Krystalls immer vertical bleibt, so summiren sich die von jedem Magnetpole ausgehenden Kräfte, und die resultirende Kraft ist augenscheinlich größer als bei der vorigen Aufhängung. Ueberdieß ist klar, daß das Drehungs-

moment um so mehr wächst, je mehr sich die Richtung des Coconfadens von der Richtung Z entfernt und der Richtung X nähert.

40) Die vorstehenden Erwägungen führten mich zu dem Staurolithversuch der 34. Nummer zurück, und ich zweifelte nicht, daß gerade dasjenige, was mir früher als eine unerklärte Anomalie Verlegenheit bereitet hatte, nun eine schöne Bestätigung meiner theoretischen Auffassungsweise abgeben würde.

Der Staurolithkrystall war durchscheinend und stark magnetisch. Er bildete eine 18^{mm} lange Säule, deren Querschnitt ein unregelmäßiges Sechseck $ABCDEF$ war. Die gegenüberliegenden parallelen Seitenflächen hatten ungefähr denselben Abstand von einander, und dieser betrug 6^{mm}. Die Polspitzen wurden möglichst genähert, und bei allen Versuchen unverrückt in derselben Lage gehalten. Der Krystall wurde *erstens* senkrecht gegen die Seitenflächen AF und CD , dann *zweitens* senkrecht gegen die Seitenflächen AB und DE aufgehängt. In beiden Fällen war eine Erhebung von genau 25^{mm} über die Linie der Polspitzen erforderlich, damit der Krystall sich aequatorial stellte. Dann wurde *drittens* aber der Krystall senkrecht gegen die Seitenflächen BC und EF aufgehängt, und es war, bei der angewandten Stromstärke, nun nicht mehr möglich durch eine Hebung den Krystall um 90° herumzuwerfen; bei 100^{mm} Erhebung behauptete er wenigstens noch seine axiale Stellung. Hiernach wurden noch zwei Aufhängungen gemacht, die *vierte* nach der Halbirungslinie des Winkels bei A , welche auf der Linie der dritten Aufhängung senkrecht stand, und die *fünfte* nach der Halbirungslinie des Winkels bei B . Bei der vierten Aufhängung wurde der Krystall bei einer Erhebung von 23^{mm}, bei der fünften bei einer Erhebung von 50^{mm} bis 55^{mm} herumgeworfen. Das stärkste Drehungsmoment in Folge der Abstossung der optischen Axen fand also bei der vierten und das schwächste bei der dritten Aufhängung statt. Wir ziehen hieraus die Schlussfolge, daß die allgemein durch X bezeichnete Richtung den

Winkel bei *A* halbirt, während die Richtung *Z* auf den Seitenflächen *BC* und *EF* senkrecht steht.

Es wurden hierauf die Winkel der Säule gemessen, und es fanden sich die Winkel bei *A* und *D* ungefähr 129° . Die Grundform aber ist bekanntlich eine gerade rhombische Säule, in welcher die stumpfen Winkel dem gemessenen gleich sind. Die Ebene der optischen Axen geht also durch die beiden stumpfen Kanten der Grundform. Die beiden Flächen *BC* und *DF*, durch welche die beiden spitzen Kanten abgestumpft sind, sind der Ebene der beiden optischen Axen parallel.

Es möchte vielleicht die oben gemachte Voraussetzung, daß die Axe der Säule die Mittellinie zwischen den beiden optischen Axen ist, noch der Bestätigung bedürfen. Zu diesem Ende hängte ich die Staurolithsäule nach ihrer Längenrichtung auf; sie stellte sich mit der durch die beiden stumpfen Kanten gehenden Ebene aequatorial. Nach diesem Versuche kann kein Zweifel mehr über die gemachte Voraussetzung stattfinden.

41) Wir können die in der vorigen Nummer angewandte Beobachtungsweise auch dahin abändern, daß wir die Staurolithsäule, statt sie bei den verschiedenen horizontalen Aufhängungen über die Linie der Polspitzen zu heben, um die Lage des Gleichgewichts in der Linie der Pole schwingen lassen, und aus der verschiedenen Schwingungsdauer die Axenwirkung bestimmen. Ich nahm zu diesem Ende die Polspitzen ganz fort, dann stellte sich die Säule bei der dritten Aufhängung axial, bei der vierten aequatorial; dann steckte ich die beiden Spitzen wieder ein und schob sie so weit vor, daß auch bei dieser Aufhängung die aequatoriale Stellung in eine axiale überging. Da die magnetische Kraft, bei derselben Entfernung der Spitzen, bei den verschiedenen Aufhängungen unverändert dieselbe bleibt, so wird die Säule jedesmal durch eine Kraft gerichtet, die dieser constanten Kraft, *weniger* der veränderlichen auf die Axen wirkenden Kraft, gleich ist. Das Verhältniß dieser letzten Kraft bei verschiedener Aufhängung läßt sich auf diesem

Wege ermitteln. Je mehr die Richtung der Aufhängung der oben durch X bezeichneten Richtung sich nähert, desto langsamer oscillirt der Krystall.

Diese Beobachtungsweise, die, wo es bloß darum handelt, Anschauungen zu geben, weniger bequem ist, weil sie größere Sorgfalt fordert, hat ihrerseits den Vorthail einer größeren Anwendbarkeit; sie kann auch dann eintreten, wenn der Krystall so stark eisenhaltig ist, daß die Axenwirkung die magnetische Anziehung nicht mehr überwältigen kann, wie dieß zum Beispiel bei einem Lepidolithkrystall der Fall war. Sie ist auch dann anwendbar, wenn der Krystall diamagnetisch ist und sich schon in Folge seiner Form aequatorial stellt. Eine Topassäule würde ein passendes Beispiel liefern. Hier summiren sich die diamagnetische Abstofsung und die Wirkung auf die Axen, um die beobachtete Wirkung hervorzubringen.

42) Die letzten Nummern enthalten das erste Beispiel, wie man durch Hülfe eines Magneten die optischen Axen eines Krystalls bestimmen kann, und überraschend muß es erscheinen, daß hierbei der Krystall undurchsichtig und jede Spur der Krystallform verwischt seyn kann.

Auf demselben Wege können wir eine Beantwortung auf die Frage erhalten, ob eine derbe, durchsichtige, oder undurchsichtige, einaxig oder zweiaxig krystallisirende, Masse aus Elementarkrystallen besteht (es sey mir dieser nicht mineralogische Ausdruck hier gestattet), in denen eine Axenrichtung vorherrscht, oder wo dieses nicht der Fall ist, wie z. B. das optische Verhalten beim geschmolzenen Zucker kurz nach der Erstarrung letzteres, nach Verlauf längerer Zeit aber ersteres nachweist.

43) Wenn wir eine Kugel (oder auch einen Rotationscylinder mit seiner Axe vertical) zwischen den beiden Polspitzen aufhängen, so kann dadurch keine Drehung hervorgerufen werden, daß die Masse entweder magnetisch oder diamagnetisch ist. Die einzige Wirkung, die hier hervortreten kann, ist die Abstofsung der Axen. Ist die Kugel aus der Masse eines einaxigen Krystalls genommen, so wird sich, bei jeder Aufhängung, die Axe in die aequatoriale

Ebene stellen. Ehe sie aber in dieser Lage festgehalten wird, macht sie Oscillationen um dieselbe, die um so rascher sind, je weiter die Richtung der Aufhängung von der Richtung der Axe abweicht. Ein vorläufiger Versuch mit einer Bergkrystallkugel von 57^{mm} Durchmesser hat gezeigt, daß wir hier zu genauen Maafsbestimmungen gelangen können ¹⁾.

Verzeichnen wir, bei irgend zwei verschiedenen Aufhängungen, auf der Kugel die beidesmalige Aequatorialebene, so bestimmt der Durchschnitt der beiden Ebenen die Axenrichtung des Krystalls.

Bei dieser letzten Bestimmung ist die äussere Form ganz gleichgültig, sobald wir uns nur überzeugt haben, daß bei der zu untersuchenden Masse die Axenwirkung den Magnetismus oder Diamagnetismus derselben überwunden hat.

Wenn die Masse endlich aus einem zweiaxigen Krystall genommen ist, so tritt bei dieser Bestimmung die Mittellinie zwischen den beiden Axen an die Stelle der einzigen Axe.

44) Schon Hr. Faraday hat auf die Modificationen aufmerksam gemacht, die eintreten, wenn ein Körper, statt zwischen Polspitzen, zwischen zwei Polflächen aufgehängt wird. Was die diamagnetischen Körper betrifft, so ist der folgende Versuch charakteristisch.

Ich legte auf jeden Pol einen parallelepipedischen, 189^{mm} langen Anker so auf, daß die Polflächen, die ein Rechteck bildeten, das 67^{mm} breit und 27^{mm} hoch war, einander in solcher Entfernung gerade gegenüberstanden, daß ein Wismuthcylinder, 34^{mm} lang und 6^{mm} dick, noch frei dazwischen schwingen konnte. Dieser Wismuthcylinder, so aufgehängt, daß sein Schwerpunkt in die horizontale Mittellinie zwischen den beiden Polflächen fiel, stellte sich so lange axial, als der Schwerpunkt innerhalb der beiden Ebe-

1) Ich bemerke hierbei nur, daß zu solchen Bestimmungen besser aus einer andern Krystallmasse genommen wird. Denn der Bergkrystall zeigte überhaupt die Axenwirkung gegen alle Erwartung schwach, und die Erscheinungen waren in mehreren Versuchen wenig hervortretend, weniger als bei allen übrigen Versuchen.

nen der Seitenflächen der Anker sich befand. Sobald er eine dieser beiden Ebenen überschritt, zeigten sich ~~zwei~~ stabile Gleichgewichtslagen, die eine nach der Mittellinie (*axial*), die andere senkrecht dagegen (*aequatorial*); rückte der Schwerpunkt weiter noch fort, so blieb bloß die zweite dieser beiden stabilen Gleichgewichtslagen noch übrig. Alle diese Erscheinungen erklären sich vollständig aus einer nicht polaren Abstossung der Wismuthmasse durch die Pole des Elektromagneten.

45) Auf diese Erscheinungen, so wie auf die Stellung, welche eine magnetische Masse zwischen den Polflächen annimmt, müssen wir Rücksicht nehmen, wenn wir einen Krystall zwischen den Polflächen schwingen lassen, und die alsdann eintretenden Erscheinungen im Voraus bestimmen wollen. Die Turmalinsäule der 8. Nummer, in gleicher Weise wie der Wismuthcylinder aufgehängt, stellt sich in der Mitte *axial*, in den Ebenen der Seitenflächen der Anker *aequatorial*, und weiter hinweg wiederum *axial*. Die grössere Doppelspathplatte der 20. Nummer stellte sich, in *allen* Aufhängungen mit ihrer Axe nach der Mittellinie, innerhalb der beiden Ebenen der Seitenflächen der Anker den Diamagnetismus der Masse überwältigend, ausserhalb derselben vom Diamagnetismus unterstützt.

46) Es möchte wohl kaum noch der Bestätigung bedurft haben, daß der Elektromagnet, in den beschriebenen Erscheinungen, ganz in derselben Art wie ein *permanenter Magnet* wirkt. Interessant aber war zu untersuchen, ob ein solcher Kraft genug besitze, um die Abstossung der Axen der Krystalle zur Anschauung zu bringen. Auf meine Veranlassung wiederholte Hr. v. om Kolke, der mir mit Talent und Ausdauer bei meinen sämtlichen Experimentaluntersuchungen als Assistent zur Seite stand, die Versuche der 4. bis 6. Nummer zuerst mit dem Magnete eines Ettinghausen'schen magnetoelektrischen Rotationsapparates, und später sogar mit einem kleinen Hufeisenmagnet, der an jedem seiner Pole kaum ein Kilogramm trug. Um die Pole zu nähern, legte er auf jede Endfläche des liegenden Mag-

neten einen, einige Millimeter dicken Eisenstab, dessen Enden er in passende Entfernung brachte, um zwischen denselben, in freier Luft, die Turmalinplatte schwingen zu lassen. Der Erfolg war ganz entschieden.

47) Die Versuche, die ich in der gegenwärtigen Abhandlung mitgetheilt habe, sind, nach meiner Meinung, hinreichend, um das in der ersten Nummer ausgesprochene allgemeine Gesetz und das Vorhandenseyn einer neuen Kraft, die bisher durch keine Erscheinung inducirt war, zu begründen. Die Beziehung der dadurch neu gewonnenen Resultate zu den beiden, Epoche machenden, Entdeckungen des Hrn. Faraday liegt zu nah, als daß ich sie hier ganz unberührt lassen sollte.

Es scheint mir, daß die Physiker der einen dieser beiden Entdeckungen, daß nämlich *alle* Körper ohne Ausnahme entweder magnetisch oder diamagnetisch sind, noch nicht allgemein diejenige Wichtigkeit beilegen, die sie wirklich hat. Hr. Faraday hat nicht einzelne Erscheinungen beobachtet und beschrieben, wie Andere vor ihm, die nur halb dieselben erkannt haben mußten, wenn sie dieselben als Transversalmagnetismus bezeichneten, sondern er hat ein *allgemeines Gesetz* ausgesprochen, und, wozu ich mich ganz unumwunden bekenne, eine ganz neue Wirkung der Magnete im Diamagnetismus nachgewiesen, wodurch allerdings die Natur der an und für sich schon so räthselhaften magnetischen Anziehung vorerst nur noch räthselhafter wird. Ich habe viele, aber vergebliche Versuche gemacht, um eine diamagnetische Polarität oder eine Reaction der diamagnetisch erregten Materie aufzufinden. Es scheint mir bis jetzt noch, namentlich wenn wir die hergebrachten Ideen über magnetische Vertheilung retten wollen, die einfachste Hypothese, daß wir daneben den Diamagnetismus als eine allgemeine Abstosung der Masse ansehen.

Was die andere Faraday'sche Entdeckung betrifft, so schliesse auch ich mich der allgemeinen Ansicht an, daß in der beobachteten Drehung der Polarisationssebene keine directe Einwirkung des Magneten auf das Licht stattfindet,

sondern daß diese erst durch eine magnetische oder diamagnetische Wirkung auf die kleinsten Massentheilchen hervorgerufen wird, wie sie von der Natur schon auf permanente Weise vielen Körpern, unter den Krystallen aber bloß dem Bergkrystall, und diesem nur nach der Richtung der Axe, eingeprägt ist.

48) Nach den von mir beschriebenen Erscheinungen geht von den Polen eines Magneten auf jeden ein- oder zweiaxigen Krystall eine eigenthümliche Einwirkung aus, die ihre Erklärung findet, wenn wir, als resultirende Wirkung, eine Abstofsung der Axenrichtungen annehmen, die von der magnetischen und diamagnetischen Beschaffenheit der Materie unabhängig ist. Diese Abstofsung hängt offenbar mit der Form der kleinsten Theilchen des Krystalls zusammen, und scheint da einzutreten, wo der Magnetismus nicht im Stande ist, eine vorübergehende Molecularveränderung hervorzubringen, welche die von Hrn. Faraday entdeckte Drehung der Polarisationssebene zur Folge hat.

Sollen wir annehmen, daß die neue abstofsende Kraft eine durch die Form der kleinsten Massentheilchen hervorbrachte Modification des Diamagnetismus ist? Auffallend wäre dann aber, daß diese Kraft so stark ist, daß sie, bei einer Aufhängung des Krystalls, die aus seiner Form hervorgehende, ursprünglich viel stärkere magnetische oder diamagnetische Richtkraft zu überwältigen im Stande ist, wenn die Magnetpole weiter entfernt werden. Die Versuche beweisen, daß die neue Kraft langsamer mit der Entfernung abnimmt, als diese Richtkraft.

Jedenfalls stehen die Formen der kleinsten Massentheilchen und magnetischen Kräfte in gegenseitiger Beziehung, was uns zu dem merkwürdigen Resultate geführt hat, daß wir Krystallisationsformen durch einen Magneten bestimmen können. Hierbei ist ferner eine Verwandtschaft derjenigen Kräfte, welche bei der Krystallisation wirksam sind und der magnetischen Kräfte als höchst wahrscheinlich in Aussicht gestellt. Der wichtigste Gesichtspunkt ist hier aber *offenbar* darin zu setzen, daß die Richtungen, deren Ab-

stofsung aus der neuen Kraftäufserung resultirt, gerade diejenigen sind, welche zu dem Lichte in eigenthümlicher und ausschließlicher Beziehung stehen, nach welchen dasselbe, beim Hindurchgehen, keine doppelte Brechung erleidet. Diese Beziehung wird nicht lange isolirt dastehen.

Bonn, den 25. Juli 1847.

V. *Ueber das Verhältniß zwischen Magnetismus und Diamagnetismus; von Plücker.*

1) Hr. Faraday hat die von anderen Physikern aufgestellte Ansicht, *dafs der Diamagnetismus nur ein anderes Auftreten des gewöhnlichen Magnetismus sey*, durch die einzige Thatsache vollständig widerlegt, dafs während ein (nach Art des Eisens) magnetischer Körper, seiner ganzen Masse nach, von jedem der beiden Pole eines Magneten angezogen wird, ein diamagnetischer Körper von jedem Pole, seiner ganzen Masse nach, eine Abstofsung erfährt.

2) Hiernach wäre die einfachste Voraussetzung diejenige, *nach welcher magnetische und diamagnetische Kräfte entgegengesetzte, sich neutralisirende Zustände der Materie hervorrufen*: eine Voraussetzung, die auf den ersten Blick durch die von Hrn. Faraday durchgehends beobachtete Erscheinung unterstützt wird, dafs bei der Mischung einer magnetischen und einer diamagnetischen Substanz ein intermediärer Zustand hervorgebracht wird, der von dem Verhältnisse der Mischung abhängt, wobei nur zu erwägen ist, dafs die magnetischen Kräfte in den gewöhnlichen Fällen unvergleichlich viel stärker sind als die diamagnetischen. Jeder diamagnetische Körper zeigt sich bei allmählicher Beimischung einer verhältnißmäfsig geringen Quantität eines eisenhaltigen Körpers anfänglich immer schwächer diamagnetisch und wird bald magnetisch. Umgekehrt wird es nur in den Fällen sehr schwach magnetischer Substan-

zen zu erreichen seyn, das magnetische Verhalten einer grösseren Masse, durch die Beimischung einer diamagnetischen Substanz in nicht übergroßer Menge, in das diamagnetische zu verwandeln. Wir müssen aber auch hier überall annehmen, daß durch eine solche Beimischung die Wirkung des Magnetismus geschwächt wird, und zwar in stärkerem Grade, als wenn die beigemischte Substanz sich wie eine indifferente träge Masse verhielte.

3) Gegen die Voraussetzung der vorigen Nummer spricht aber allerdings schon der Umstand, daß während ein zwischen den Magnetpolen magnetisch erregter Eisenstab an seinen Enden Polarität zeigt, bisher, aller Bemühungen ungeachtet, keine Spur von Polarität einer zwischen den Magnetpolen diamagnetisch erregten Substanz nachgewiesen worden ist. Jeder Gedanke aber an die Haltbarkeit der fraglichen Voraussetzung muß in Folge der Versuche, über die ich nachstehend berichten werde, nothwendig aufgegeben werden.

4) Schon bei meinen ersten Versuchen über den magnetischen oder diamagnetischen Zustand der verschiedenen Pflanzen- und Thiertheile, wobei namentlich sehr kleine Massen bei möglichster Annäherung der Pole untersucht wurden, fiel es mir öfter als Anomalien auf, daß, obwohl solche Körper, bis zur Berührung einem einzelnen Pole angenähert, von diesem abgestoßen wurden, sie sich dennoch zwischen den beiden Polen wie ein magnetischer Körper einstellten. Namentlich wurden Maikäferflügel, die sich zwischen den Polen magnetisch, das heißt mit ihrer Längsrichtung von einem Pole zum andern, einstellten, wenn sie mit der flachen Seite gegen einen der Pole gebracht wurden, von diesem wie diamagnetische Körper entschieden abgestoßen. Es war dies eine Anomalie, deren Aufklärung ich späteren Versuchen vorbehielt, weil unterdeß die Versuche über die Einwirkung der Magnetpole auf die optischen Axen meine ganze Aufmerksamkeit auf kurze Zeit in Anspruch genommen hatten. Diese Versuche, denen ich die frühere Abhandlung gewidmet habe, waren durch die

Frage entstanden, worin der Magnetismus gewisser Pflanzentheile seinen Grund habe, und ob nicht vielleicht die Faserrichtung auf die Stellung, welche Pflanzentheile, an einem Coconfaden zwischen den beiden Magnetpolen aufgehängt, einnehmen, Einfluss haben. Auf diese Frage zurückkommend, liefs ich verschiedene Baumrinden schwingen, welche sich sämmtlich magnetisch zeigen, und gelangte hier, als ich insbesondere ein Stückchen Kirschbaumrinde von Rechtecksform, etwa 15^{mm} lang und halb so breit, nahm, zu dem ganz unerwarteten Resultate, dafs dasselbe, so aufgehängt, dafs es, mit seiner Längenrichtung horizontal schwingend, zwischen den beiden möglichst genäherten Polspitzen noch eben frei sich bewegen konnte, *sich aequatorial, wie ein diamagnetischer Körper*; wenn aber die Pole weiter von einander entfernt, oder wenn dasselbe über die Linie der Pole gehoben oder unter dieselbe gesenkt wurde, *sich axial, wie ein magnetischer Körper, einstellte*. Es ist offenbar, dafs in diesem Versuche, den ich mit verschiedenen Stückchen Kirschbaumrinde bei verschiedener Dimension und Faserrichtung wiederholte, *zwei ganz distincte Kräfte fortwährend in Thätigkeit waren, und dafs die eine, die magnetische, mit der Entfernung langsamer abnimmt, als die andere, die diamagnetische*.

5) Aus dem vereinzeltten Versuche der vorigen Nummer, den ich schon vor der Abfassung meiner früheren Abhandlung anstellte, schien es mir um so bedenklicher, allgemeine Schlüsse über Magnetismus und Diamagnetismus zu ziehen, als zu befürchten stand, dafs, bei der complicirten Structur und chemischen Beschaffenheit der angewandten Substanz, irgend eine fremdartige unbekannte Ursache die beobachtete Erscheinung hervorgerufen haben möchte. Neue Versuche mußten darüber entscheiden, ob *alle* Substanzen, die bei einem gewissen Abstände der Pole sich (mit schwacher Kraft) magnetisch einstellen, bei gröfserer Annäherung der Pole sich diamagnetisch verhalten, und die nächste Aufgabe war, einfachere Substanzen zu finden, die sich in möglichst geringem Grade magnetisch zei-

gen. Zu diesem Ende nahm ich Staniol, der sich (wahrscheinlich in Folge von beigemischtem Eisen) magnetisch verhielt, und schmolz es mit Wismuth zusammen. Bei gehörigem Verhältniß dieser Legirung (mehr Wismuth als Zinn), die ich in Papier zu einer dünnen Stange von etwa 15^{mm} goß, erreichte ich meinen Zweck. Die Stange verhielt sich gerade wie in dem-obigen Versuche das Stückchen Kirschbaumrinde, das heißt, *sie stellte sich axial oder aequatorial, je nachdem die Polspitzen mehr oder weniger weit von einander abstanden*. Ich ziehe hieraus den Schluß, daß wir es mit einem allgemeinen Gesetze, und nicht bloß mit einer einzelnen Erscheinung zu thun haben. Eine solche ist auch bereits von Hrn. De la Rive bei der Kohle beobachtet worden ¹⁾. Ich bemerke hierbei, daß, während Hr. Faraday die Kohle magnetisch gefunden hat, ich meinerseits sowohl die gewöhnliche Holzkohle als auch die für elektrische Versuche bereitete Buchsbaumkohle diamagnetisch gefunden habe, was keinesweges befremden kann, weil ein Minimum von beigemischtem Eisen, das schon aus dem Organismus herrühren kann, eine Kohle magnetisch machen muß, und es also, zwischen den von mir und Hrn. Faraday untersuchten Kohlen, auch solche geben wird, die sich wie die obige Legirung verhalten.

6) Ich halte hiernach für die vorläufig am meisten be-

- 1) Im Junihefte der *Bibliothèque universelle*, p. 171, wird meine erste Notiz über die Beziehung des Magnetismus zu den optischen Axen, wie sie, aus einem Briefe an Hrn. Arago vom 14. Juni, in den *Comptes rendus* abgedruckt ist, mitgetheilt, und dann fügt ihr Hr. De la Rive die nachfolgende Note bei.

J'ai fait comme M. Plücker un grand nombre d'expériences sur l'action de l'aimant sur les corps. Je m'en permettrai d'en signaler ici une, qui m'a donné un résultat du même genre que ceux qu'a obtenu M. Plücker; elle est relative à l'action de l'électro-aimant sur le charbon, corps que j'ai trouvé être tantôt magnétique tantôt diamagnétique suivant son état moléculaire et quelquefois aussi suivant sa distance des poles de l'aimant.

Diese Note ist die Veranlassung, daß ich jetzt schon, in dem gegenwärtigen kurzen Aufsätze, einen Gegenstand behandle, den ich später, im Zusammenhange mit anderen, zu discutiren die Absicht hatte.

gründete Hypothese, *dafs die magnetischen und diamagnetischen Kräfte neben einander bestehen, und dafs, weil die erstere dieser Kräfte langsamer mit der Entfernung von den Polen des Magneten abnimmt, als letztere, derselbe Körper sich nach Umständen einmal wie ein magnetischer, das andere Mal wie ein diamagnetischer Körper verhalten kann.*

An das Vorstehende knüpfen sich mehrere Fragen an, die, in theoretischer Hinsicht, von Wichtigkeit sind, und neue Gesichtspunkte eröffnen.

Zuvörderst ist eine von Hrn. Faraday aus seinen Beobachtungen gezogene Folgerung widerlegt, und dagegen bewiesen, *dafs es nicht möglich ist, durch Mischung entgegengesetzt sich verhaltender Substanzen eine solche darzustellen, die, in Beziehung auf Magnetismus und Diamagnetismus, überhaupt indifferent ist.*

Aus den gewonnenen Resultaten scheint ferner nothwendig zu folgen, *dafs derselbe Körper, etwa in der Form einer Kugel, in kleinerer und gröfserer Entfernung von einem Magnetpole, ihrer ganzen Masse nach, einmal abgestofsen, das andere Mal angezogen werden kann; dafs ferner eine kleinere und eine gröfsere Kugel, aus derselben Substanz geformt und beide Mal an einen Magnetpol angelegt, bezüglich abgestofsen und angezogen werden können.*

7). Unsicherer möchte die Antwort auf die nachstehenden Fragen ausfallen.

Läfst sich das Verhalten jedes diamagnetischen Körpers, bei zunehmender Stärke des Magneten, durch die Vergrößerung der Entfernung in ein magnetisches Verhalten umwandeln? Dann würde es *in einer gewissen Entfernung keinen diamagnetischen Körper im Sinne des Hrn. Faraday mehr geben.* Ist es hiernach nicht wahrscheinlich, *dafs wenn wir je durch eine feinere Aufhängungsweise es dahin bringen sollten, dafs alle Körper in Folge des Erdmagnetismus sich richteten, wie sie es in Folge eines nur mäßig starken Magneten in der einen oder andern Weise thun, diese Richtung immer nur die eines magnetischen Körpers seyn würde?* Wie weit können wir andererseits auch bei

stärker magnetischen Substanzen, indem wir den Mittelpunkt der Wirkung dem Polende möglichst nahe bringen und die Substanz in kleinen Fragmenten anwenden, die magnetische Wirkung schwächen oder dieselbe in die diamagnetische umkehren?

Ist es nothwendig, daß eine Substanz, wenn sie einmal sich magnetisch, das andere Mal sich diamagnetisch verhalten soll, eine Mischung von magnetischen und diamagnetischen Substanzen ist? Oder kann, was mir nach meiner theoretischen Auffassung einstweilen noch wahrscheinlich vorkommt, auch ein *einfacher Körper* sich eben so verhalten? Ich halte die directe Beantwortung dieser Frage auf experimentalem Wege vorläufig für nicht möglich, weil die Gewissheit wohl nicht zu erlangen seyn möchte, daß solche einfache Körper, die die magnetische und diamagnetische Beschaffenheit, nach Hrn. Faraday, in geringem Grade zeigen, wirklich chemisch rein sind.

8) Wenn wir die in der gegenwärtigen Abhandlung beschriebenen Beobachtungen mit denjenigen, die ich in meiner vorigen Abhandlung beschrieben habe, in Verbindung bringen, so ergibt sich, daß von der dreifachen Wirkung die von den Polen eines Magneten ausgeht, nämlich:

- 1) der magnetischen Wirkung im engeren Sinne,
- 2) der von Hrn. Faraday entdeckten diamagnetischen Wirkung,
- 3) der auf die optischen Axen der Krystalle stattfindenden Wirkung (und der ihr wahrscheinlich entsprechenden, welche die Drehung der Polarisationssebene hervorbringt) ¹⁾, *die zweite rascher mit der Entfernung abnimmt als die erste, und die erste rascher als die dritte.*

9) Bei der Durchsicht der vorstehenden Abhandlung kam mir die Vermuthung (wobei die Schlußweise am Ende

1) Die anscheinend gleiche Beleuchtung respective gleiche Färbung des *ganzen* Gesichtsfeldes nach der Drehung der Polarisationssebene in den Versuchen des Hrn. Faraday beweist, daß die hier beobachtete Wirkung *nicht sehr rasch* mit der Entfernung abnimmt.

der 5. Nummer im Allgemeinen ihre Richtigkeit behält), daß Hr. Faraday die Kohle deshalb magnetisch, und ich die Kohle deshalb diamagnetisch gefunden habe, weil er dieselbe bei größerer und ich bei kleinerer Entfernung der Pole schwingen ließ. Ueberdies erschien es mir wünschenswerth, das allgemeine Resultat der 6. Nummer durch neue Beobachtungen zu bestätigen. Darum stellte ich noch die folgenden Versuche an, wobei ich wieder in der, in der früheren Abhandlung beschriebenen Weise verfuhr, aber zehn schwach geladene Grove'sche statt der früheren fünf nahm.

10) Zuvörderst fand ich meine Vermuthung vollkommen bestätigt; ich versuchte nach einander vier verschiedene Stückchen Kohle, die sämmtlich sich ganz übereinstimmend verhielten, und je nachdem die Entfernung der Polenden größer oder kleiner war sich magnetisch oder diamagnetisch einstellten. Ich will nur einen Versuch detailliren. Eines dieser Kohlenstückchen (gewöhnliche Holzkohle) war cylindrisch, ungefähr 14^{mm} lang und 6^{mm} dick. Bei einer Entfernung der Polspitzen von 17^{mm} stellte es sich aequatorial ein, wurde es aber um 24^{mm} über die Linie der Polspitzen gehoben, ging die aequatoriale Lage in die axiale Lage über, in welcher es auch noch bei einer Erhebung von 54^{mm} entschieden festgehalten wurde. Wurden ferner die beiden Polspitzen bis auf 55^{mm} von einander entfernt, so stellte es sich, in der Mitte zwischen beiden aufgehängt, axial, aber in einem Drittel der Entfernung aufgehängt, aequatorial. Die letzte Beobachtung, daß derselbe Körper bei derselben Entfernung der Polspitzen an verschiedenen Stellen dieser Entfernung sich einmal wie ein magnetischer, das andere Mal wie ein diamagnetischer Körper verhält, konnten wir aus unserer Auffassungsweise vorhersagen.

11) Ein Stückchen trocknes Apfelbaumholz und zwei nach verschiedener Richtung geschnittene Stückchen Tannenholz zeigten sich zwischen den bis auf 17^{mm} genäherten Polspitzen stärker diamagnetisch als die Kohle, stellten sich aber bei einer Erhebung entschieden, obwohl schwach magnetisch ein.

Ein cylindrisches Stückchen Meliszucker, 19^{mm} lang und 8^{mm} dick, zeigte den Uebergang von der aequatorialen Lage in die axiale recht gut.

12) Ein frischer vorjähriger Schufs eines Mandelbaums, 15^{mm} lang, verhielt sich bei einer Entfernung der Polspitzen von 16^{mm} diamagnetisch, und blieb es bei jeder Erhebung; die ganze Abschälung desselben verhielt sich ebenfalls diamagnetisch, warf sich aber, bei einer Erhebung von 24^{mm}, in die magnetische Lage herum.

Ein vorjähriger Schufs einer Cypresse, 16^{mm} lang, verhielt sich bei jeder Erhebung diamagnetisch, eben so die ganze Abschälung. Die äußerste braune Rinde allein war aber, so lange sie frei zwischen den beiden Polspitzen schwingen konnte, entschieden magnetisch ¹). Wenn man die Polspitzen bis auf 6 bis 7^{mm} einander annäherte, und das Stückchen Rinde dazwischen brachte, richtete es sich sehr stark diamagnetisch, und *wurde sogar aus der Linie der Polspitzen herausgeworfen*. Um 4 bis 5^{mm} gehoben, stellte es sich wieder magnetisch.

13) In einem Hühnerei findet sich nur in der weissen Haut, welche die Schaale inwendig bekleidet, Magnetismus. Ein Stückchen dieser Haut verhielt sich zwischen den Polspitzen ebenfalls je nach der Entfernung diamagnetisch oder magnetisch ²).

Bonn, den 8. September 1847.

1) Ein allgemeines Resultat, zu dem ich gleich zu Anfang meiner Experimental-Untersuchungen gelangt bin, das ich hier aber nur andeuten kann, besteht darin, daß die äußerste Rinde aller Pflanzen magnetisch ist. — Alle derartigen Versuche, die ohne Kenntniß der im gegenwärtigen Aufsatze mitgetheilten Resultate angestellt worden sind, müssen, ohne daß die allgemeinen Folgerungen ihre Richtigkeit verloren hätten, im Einzelnen nothwendig unbestimmt und ungenau seyn, und bedürfen einer Wiederholung unter dem neuen Gesichtspunkte.

2) Um die oben beschriebenen Resultate mit Sicherheit zu erhalten, ist es unerläßlich, und zwar um so mehr, je leichter der aufgehängte Körper ist, diesem weder mit eisernen Instrumenten die gewünschte Form zu geben (ich bediene mich dazu zuletzt immer des Glases), noch auch denselben mit den Fingern anzufassen, wenn man mit diesen vorher Eisen berührt und sie nicht wieder abgewaschen hat. Ein mit einer Eisenfeile behandeltes Stück trockner Holzkohle war unter allen Verhältnissen magnetisch.

VI. *Beobachtung der weissen Nebensonnen auf dem durch die Sonne gehenden Horizontalkreise; von J. G. Galle.*

Am 12. März 1846 hatte ich hier zu Berlin Gelegenheit, bei einer ziemlich ausgebildeten Erscheinung von Ringen und Nebensonnen, die auf dem weissen Horizontalkreise zuweilen wahrgenommenen weissen Nebensonnen zu beobachten, welche sich zwischen den gewöhnlichen farbigen Nebensonnen und der Gegen Sonne befinden. Das Phänomen währte etwa 1 Stunde von $10\frac{3}{4}$ bis $11\frac{3}{4}$ Uhr Vormittags. Besonders lebhaft waren die gewöhnlichen farbigen Nebensonnen. Der zugehörige Ring von 22° Halbmesser war nur in der oberen Hälfte sichtbar, wo sich auch der obere Berührungsbogen zeigte, der (für $11^h 18'$) fast geradlinig war. Um $11\frac{3}{4}^h$, wo die übrigen Theile des Phänomens fast verschwunden waren, war auch der untere Berührungsbogen sichtbar, jedoch nur als eine formlose, unbestimmt blendende Helligkeit. Von den Nebensonnen ab zog sich nach Norden um den ganzen Himmel herum der weisse Horizontalkreis, an verschiedenen Stellen die Helligkeit wechselnd, auch theilweis verschwindend und wieder entstehend. Auf demselben standen die weissen Nebensonnen, verwaschene weisliche Flecken, die Helligkeit häufig wechselnd oder ganz verschwindend. Eine Gegen Sonne war nicht bemerkbar. Von dem Ringe von 47° war ebenfalls nichts zu bemerken.

Die Messung der weissen Nebensonnen wurde so ausgeführt, daß der Abstand der vertical unter denselben liegenden terrestrischen Objecte von den genau in West und Ost liegenden Objecten gemessen wurde, ein zwar wenig scharfes Verfahren, das jedoch befriedigende Resultat lieferte, und einen grösseren Fehler als 1° im Endresultate nicht erwarten läßt. Es wird daher die Mittheilung dieser Messungen um so mehr gerechtfertigt erscheinen, da

über diesen Gegenstand bis jetzt nur ganz ungewisse Angaben vorhanden sind. Die Originalbeobachtungen und die daraus hergeleiteten Azimutalabstände von der Sonne sind folgende:

1846 März 12 m. bürgerl. Z.	Azimutalabstand der		Azimutalabstand von der Sonne:	
	westl. Nebens. v. Westpunkt.	östl. Nebens. v. Ostpunkt.	westliche Nebensonne.	östliche Nebensonne.
10 ^h 54'	8°		120° 35'	
11 0	10		120 49	
11 4		50°		120° 21'
11 7		49		120 15
11 8	11		119 28	
11 10		48		120 7
11 13		47½		120 29
11 15		48		121 35
11 17	13½		119 20	
		Mittel	120° 3'	120° 33'
		Collim. Fehler des Octanten	— 6	— 6
			119° 57'	120° 27'

Demnach war im Mittel für 11^h 8' m. Zeit bei 32° 38' Sonnenhöhe der Azimutalabstand der weißen Nebensonne = 120° 12', oder der Abstand von der Sonne in Bogen des größten Kreises = 93° 47'. Eine merkliche Aenderung des Abstandes war, wie man sieht, während der Dauer der Beobachtungen nicht zu bemerken. Die bisher darüber versuchten Theorien erweisen sich nach dieser Messung als ungenügend.

I. *Ueber das Dellmann'sche Elektrometer;*
von R. Kohlrausch in Rinteln.

§. 1.

Das Bedürfnis, geringe Spuren von Reibungselektricität nicht nur nachweisen zu können, sondern selbst der Dichtigkeit nach zu bestimmen, hat mehrfach die Bestrebungen der Physiker dahin geleitet, Instrumente zu construiren, welche mit der Sicherheit der Coulomb'schen Drehwaage eine grössere Empfindlichkeit verbanden. Peltier ¹⁾, Oersted ²⁾, Dellmann ³⁾ und Romershausen ⁴⁾ haben solche Instrumente bekannt gemacht. Alle kommen darin überein, daß ein sehr beweglicher horizontaler Hebel von einem neben ihm befindlichen, feststehenden und ebenfalls horizontalen Arme nach Mittheilung der Elektricität in horizontaler Drehung abgestossen wird, — daß dieser Abstossung eine andere, mit der Grösse des Ausschlagswinkels wachsende Kraft entgegenwirkt, — und daß endlich aus der Grösse dieses Winkels auf die Quantität der mitgetheilten Elektricität geschlossen werden soll.

Bei Peltier ruht der bewegliche Hebel auf einer Spitze, und nur auf den einen Arm wirkt die abstossende Kraft, da der andere kurz ist und ein Gegengewicht trägt; als Gegenkraft ist die Richtkraft eines kleinen Magneten benutzt, welcher an diesem Hebel angebracht ist.

Oersted verändert dieses Elektrometer ein Weniges.

1) *Annales de chim.*, Tom. LXII, p. 422.

2) *Poggendorff's Annalen*, Bd. 53, S. 612.

3) Ebendasselbst, Bd. 55, S. 301; Bd. 18, S. 49; Programm des Gymnasiums zu Kreuznach vom Jahre 1842.

4) *Poggendorff's Annalen*, Bd. 69, S. 71.

Poggendorff's Annal. Bd. LXXII.

Der metallene Hebel hängt bei ihm an einem Coconfaden, trägt ebenfalls einen schwachen Magneten, wird aber nicht von einem horizontalen festen Drahte abgestossen, sondern von den Enden eines bogenförmig gekrümmten Metallbügels, dessen Ebene vertical gestellt ist. Hier wird freilich auf beide Arme des Hebels in gleichem Sinne abstossend gewirkt, dagegen fällt die Wirkung der Elektrizität in dem oberen Theile des Bügels fast ganz weg. Ausserdem hat man es mit zwei Gegenkräften zu thun, der Richtkraft des Magneten und der Torsionskraft des Coconfadens.

Dellmann hat eine glückliche Veränderung mit dem Oersted'schen Elektrometer vorgenommen, indem er statt des abstossenden Metallbügels einen horizontalen Metallstreifen anbringt, den beweglichen Hebel aber in der Mitte mit einem Bügel versieht, so dass seine Arme auf den beiden Seiten dieses Streifens schweben und sich der Länge nach anlegen können. Den Magneten lässt er weg, und bedient sich zum Maasse der Abstossung blofs der Torsionskraft des Coconfadens ¹⁾).

Romershausen giebt, abgesehen von den Vorrichtungen zum Auffangen der Luftelektrizität, zu deren Beobachtung er das Elektrometer aufstellt, im Wesentlichen nur das Dellmann'sche Instrument. Statt des unpractischen Bügels im beweglichen Hebel ist dieser bei ihm gerade, und senkt sich in einen Ausschnitt des festen horizontalen Streifens.

Die letzteren drei Instrumente sind, so weit bisher ihre Theorie gegeben ist, blofse Elektroskope. Dellmann hat die Hoffnung, das seinige zu quantitativen Bestimmungen brauchbar zu machen, in dem citirten Programme ausgesprochen, bis jetzt indessen, so viel mir bekannt geworden ist, darüber noch keine weiteren Mittheilungen veröffentlicht. Da nun sein Instrument, nach meinen Erfahrun-

1) Eine besondere Empfindlichkeit giebt er dem Instrumente durch seinen sogenannten Querdraht. Da indessen in diesem Aufsatze zunächst von dieser Einrichtung keine Rede seyn wird, so unterlasse ich es, denselben hier weiter zu erwähnen.

gen, eines hohen Grades der Vervollkommnung fähig ist, und dann eine ungemeine Bequemlichkeit im Gebrauche verstattet, so ist es vielleicht für die Elektrometrie von einigem Nutzen, die Theorie dieses Instruments zu geben und die bei seiner Vervollkommnung gemachten Erfahrungen mitzutheilen, zumal diese Erfahrungen für diejenigen Instrumente, bei welchen durch die Torsion eines Fadens eine sehr geringe abstossende oder anziehende Kraft gemessen werden soll, von einigem Interesse seyn möchten.

§. 2. Beschreibung des Apparates.

Einiger Namen wegen, welche im Folgenden öfters gebraucht werden müssen, ist es nöthig, den schon mehrfach beschriebenen Apparat abermals kurz zu beschreiben; auch hat der von mir angewendete einige besondere Einrichtungen, ohne deren vorhergegangene Angabe ich in Verlegenheit kommen würde, mich kurz auszudrücken.

Auf Tafel V, Fig. 1 befindet sich eine Abbildung in halber Gröfse.

- 1) *a*, *a* ist ein dünnes Metallstreifchen (Silber) mit zwei kleinen Füßen auf den Schelllacksäulen *b*, *b* befestigt, welche ihrerseits vom Glasrohre *c*, *c* getragen werden. Dieses Rohr läßt sich durch den aufsen befindlichen Hebel *d*, *d* heben und senken, doch ist diese Bewegung durch die Stellschrauben *e* und *f* in bestimmte Gränzen einzuschliessen. Damit bei diesem Heben und Senken keine Elektrizität erregt werde, steckt das Rohr *c* in einem andern Glasrohre, welches in eine fest mit dem Gehäuse verbundene Messinghülse eingekittet ist. Es muß sehr genau in ihm passen, damit die äußere Luft von der inneren geschieden ist. Durch eine besondere Vorrichtung *t* ist jede seitliche Drehung des Streifchens bei seinen Bewegungen vermieden.
- 2) In dem Glasrohre *c* läßt sich ein zweites Glasröhrchen *h* (durch einen ähnlichen, in der Figur 1 aber nicht gezeichneten Hebel, welcher die in Charnieren beweglichen Drähte *g*, *g* faßt) auf und nieder bewegen. Dieses

Röhrchen trägt den *Zuleitungsdraht* *m, m*. Derselbe ist in den Enden des Glasrohrs mit möglichst wenig Schelllack festgekittet, so daß er dessen Wände nicht berührt, läuft oben in eine federnde Spirale aus, unten in ein Knöpfchen. Wird er durch seinen Hebel gehoben, so drückt sich die Spirale an das Streifchen, welches zu dem Ende unten eine kleine Scheibe trägt; wird er gesenkt, so ist das Streifchen isolirt. Auch hier ist die Bewegung durch Stellschrauben in bestimmte Grenzen einzuschließen; das obere Ende der Spirale steht bei der niedrigsten Stellung einige Linien vom Streifchen ab.

- 3) An dem, unten in einen Schelllackfaden auslaufenden, Glasfaden *i* hängt ein feiner, gerader metallener *Waagebalken*. Er senkt sich mit seiner Mitte in einen Ausschnitt des Streifchens, so daß er, da die beiden Arme des letzteren demgemäfs (Taf. V, Fig. 2) ausgebogen sind, an diese Arme mit seinen beiden Hälften sich der Länge nach anlegen kann. Von dem Boden des Ausschnitts im Streifchen steht der Waagebalken etwa 0,1 bis 0,2 Linien ab, wenn das Streifchen gesenkt ist; wird es gehoben, so berührt es die Mitte des Waagebalkens.
- 4) Ein getheilter Kreis *k, k* befindet sich unter dem Streifchen, und ist so gestellt, daß der Durchmesser, welcher den Nullpunkt trifft, genau mit der Richtung des Streifchens übereinstimmt. Da das ganze Gehäuse, worin diese Theile eingeschlossen sind, zur Verminderung der Luftströmungen, aus dickem Metall besteht, und nur ein Deckel aus Spiegelglas *l, l* das zur Aufnahme des Glasfadens bestimmte Glasrohr trägt, so muß der Winkel, unter welchem sich Waagebalken und Streifchen kreuzen, von oben abgelesen werden. Die Genauigkeit, mit welcher dieses durch Hülfe eines mit einer Marke versehenen schwach convexen Glases *q* und eines beweglichen Diopters *o* geschieht, reicht bis auf mindestens 0,2 Grad oder 12 Minuten.
- 5) *Das Instrument* steht mit 3 Stellschrauben *s*, von de-

nen nur eine gezeichnet ist, auf einem massiven eisernen Gestelle, Fig. 3, Taf. V. An diesem sind mit Charnieren zwei Hebel befestigt, durch welche die zur Bewegung der Glasröhrchen bestimmten Hebel dauernd, ohne also die Hände zu beschäftigen, herabgedrückt werden können. Eben so trägt das Gestell einen in einem Charniere beweglichen Draht, welcher zur Entladung an den Zuleitungsdraht m gelegt werden kann.

- 6) Der Glasfaden, an welchem der Waagebalken hängt, wird oben von einer Vorrichtung wie bei der Coulomb'schen Drehwaage getragen. Zunächst ist er in der Axe eines dicken Stahldrahtes n befestigt, welcher seinerseits den Zeiger z trägt. Dieser Zeiger sitzt so auf seinem Träger, daß er mit der Richtung des Waagebalkens genau übereinstimmt, wenn auf diesen keine Kraft drehend wirkt (§. 20). Der unter dem Zeiger angebrachte getheilte Kreis p ist zu dem unteren Kreise k , k symmetrisch gestellt, so daß die gleichen Zahlen gerade übereinander liegen. Stellt man also den Zeiger auf Null, so muß sich der Waagebalken an das Streifchen ohne Torsion anlegen.

§. 3. Gebrauch des Apparats.

Man kann den Apparat genau wie die Coulomb'sche Drehwaage gebrauchen; folgender Gebrauch ist aber der bequemste.

- 1) Man stellt den Waagebalken rechtwinklig zum Streifchen, indem man den Zeiger auf 90° dreht (wobei es auf 5° Ungenauigkeit nicht ankommt), hebt Streifchen und Zuleitungsdraht, und theilt letzterem Elektricität mit. Da die drei Körperchen jetzt in (metallischer) Berührung sind, verbreitet sich die Elektricität auf ihnen.
- 2) Man hebt diese Berührung auf, indem man zuerst den Zuleitungsdraht und dann das Streifchen senkt. An die äußere Luft kann jetzt von dem Streifchen und Waagebalken keine Elektricität übergehen, so daß der Elek-

tricitätsverlust nur in der durch Schwefelsäure getrockneten Luft des Apparates stattfindet ¹⁾).

- 3) Jetzt stellt man den Zeiger auf Null, und bekommt nach kurzem Schwanken des Waagebalkens einen bestimmten Winkel zwischen diesem und dem Streifchen, welcher der *Ausschlagswinkel* heißen mag. Aus besonderen Gründen verringert sich durch den Elektrizitätsverlust dieser Winkel im Zeitraum von einer Stunde erst um 6 bis 8 Grad, so daß also, da er eine Minute nach Mittheilung der Elektrizität abgelesen werden kann, der durch den Verlust hervorgebrachte Fehler innerhalb der sonstigen und nicht zu vermeidenden Beobachtungsfehler fällt.
- 4) Da Luftströmungen im Innern des Apparats immer zu vermuthen sind, erfordert der Ausschlagswinkel eine Correction. Man entladet zu dem Ende den Apparat, indem man das Streifchen hebt und an den ebenfalls gehobenen Zuleitungsdraht den im §. 2, 5 erwähnten Entladungsdraht legt. Nach 1 bis 2 Minuten (je nach der Spannung der mitgetheilten Elektrizität) senkt man das Streifchen wieder, stellt durch Regulirung der Torsion den Waagebalken ungefähr auf den vorigen Ausschlagswinkel, und entnimmt aus der Differenz zwischen seinem Stande und dem des Zeigers z die Drehungsgröße des Luftstroms.
- 5) Nachdem durch den Gebrauch der Tabelle III (§. 10) der Ausschlagswinkel von dem Einflusse der Luftströmung befreit ist, entnimmt man den elektrischen Werth für denselben aus der Tabelle II (§. 9). Die ganze Procedur ist in 3 bis 4 Minuten beendigt.
- 6) Zur Prüfung der Art der Elektrizität hebt man nach der Bestimmung des Ausschlagswinkels den Zuleitungsdraht bis zur Berührung mit dem Streifchen, und nähert von unten allmählig eine schwach elektrisirte Lackstange oder Zinkscheibe. Je nach der Art der Elektrizität wird sich

1) Die Säure befindet sich in dem ringförmigen flachen Glasgefäße r, r .

nun der Ausschlagswinkel vergrößern oder verkleinern u. s. w.

Anmerkung. Der Waagebalken wird hauptsächlich deshalb bei der Mittheilung der Elektricität rechtwinklig zum Streifchen gestellt, weil dieß die günstigste Stellung für eine möglichst groſse Aufnahme der dargebotenen Elektricität ist. Bei dieser Stellung geht, wenn man z. B. den Pol einer galvanischen Säule mit dem Zuleitungsdraht verbindet, ein $\frac{5}{3}$ Mal so groſses Quantum in meinen Apparat über, als wenn der Waagebalken der Länge nach am Streifchen anliegt, womit natürlich die Empfindlichkeit, d. h. der Ausschlagswinkel, wächst. Aber noch ein anderer Grund ist vorhanden, weshalb es nicht gut ist, den Waagebalken während der Elektricitätsmittheilung an das Streifchen anzulegen. Seine Enden adhäriren immer mehr oder weniger an dem Streifchen, so daſs selbst die Abstofsung geringer elektrischer Spannung nicht hinreicht die Körper zu trennen. Wendet man aber etwas dichtere Elektricität an, so ereignet es sich häufig, daſs eines der Enden nach der Mittheilung los läſst, während das andere noch haftet. Nun wird das freie Ende, wie das bei einem langen Glasfaden und dem geringen Gewichte des Waagebalkens leicht erklärlich ist, etwas zur Seite gedrängt, und somit nimmt das ganze System der Körper mehr von der mitgetheilten Elektricität auf, als sonst geschehen würde. Ereignet es sich gar, daſs durch die Heftigkeit der elektrischen Abstofsung der Waagebalken an beiden Enden abgestoſsen ist, bevor man den Ueberträger von dem Zuleitungsdrahte entfernt hat, so tritt noch mehr Elektricität in das Streifchen, und der Ausschlagswinkel wird noch gröſser. Die hieraus entstehenden Fehlerquellen werden bei der oben bezeichneten Art zu experimentiren vermieden. Nicht nur die Erfahrung, sondern auch ein Blick auf die weiter unten zu erklärende Tabelle I (§. 8) lehren, daſs die genaue Stellung des Waagebalkens auf 90° , während man die Elektricität mittheilt, überflüssig sey.

§. 4. Vergleichung des Apparats mit der Coulomb'schen Drehwaage.

Es wäre thöricht ein neues Instrument einführen zu wollen, so lange ein anderes verbreitet ist, welches dieselben Dienste leistet. Um also die lange Monographie des Dellmann'schen Apparats zu rechtfertigen, vergleiche ich ihn rücksichtlich der Empfindlichkeit und Sicherheit mit der Coulomb'schen Drehwaage, und bemerke zum Voraus, daß beide Instrumente ihren eigenthümlichen Wirkungskreis haben, außerhalb dessen das eine die Dienste des anderen gar nicht oder nur kümmerlich versehen kann.

Da es in unserer Macht steht, durch Verlängerung des Fadens, an welchem der Hebel einer Coulomb'schen Drehwaage hängt, die Torsionskraft beliebig zu verringern, so scheint es, als könnten wir die Empfindlichkeit derselben beliebig steigern. Die Praxis zieht hier aber ziemlich bestimmte Gränzen durch den Umstand, daß weder das Gewicht des Hebels noch seine Oberfläche in jedem beliebigen Verhältnisse zu der Torsionskraft des Fadens stehen können. Ist bei ganz feinem Faden das Gewicht des Hebels so bedeutend, daß seine durch die Torsionsregulirungen hervorgebrachte Bewegung rücksichtlich ihrer Größe den Widerstand der Luft um ein Bedeutendes überwiegt, so werden endlose Schwankungen entstehen, welche der Beobachtung hinderlich sind. Dieß hat man jedoch bei der Anwendung eines dünnen Scheibchens am Ende des Hebels so leicht nicht zu befürchten; es tritt vielmehr bei zu geringer Torsionskraft des Fadens gewöhnlich der Fall ein, daß der Widerstand der Luft gegen die Bewegung so bedeutend wird, daß der Hebel nur höchst schwierig und langsam den Torsionsveränderungen folgt. Dadurch wird es dann sehr lästig, ihn vor der Mittheilung der Elektricität auf einen bestimmten Stand zu bringen, und diesen Stand nachher durch die Regulirung der Torsion wieder zu erreichen. Ausnehmend erschwert und unsicher gemacht wird *dieß* aber durch folgenden Umstand.

Je geringer die Torsionskraft des Fadens genommen wird, d. h. je kleinere abstossende Kräfte wir messen wollen, in ein desto größeres Verhältniß zu ihnen tritt die drehende Kraft der im Innern des geschlossenen Gefäßes fast unabweislich circulirenden Luftströmungen. Bei der Coulomb'schen Drehwaage bieten der Schelllackhebel und die an seinem Ende angebrachte Scheibe oder Kugel, auch wenn sie im zartesten Maafsstabe ausgeführt sind, dem Winde immer eine ziemlich bedeutende Fläche dar, so daß es wohl zu begreifen ist, wie der Hebel eines solchen Instruments, wenn man fortfahren wollte die Torsionskraft des Fadens immer mehr zu verringern, zuletzt eine recht brauchbare Windfahne wird, zu elektrischen Messungen aber nicht mehr geeignet erscheint. Die beständigen Veränderungen in der Stärke des Luftstroms lassen nämlich einen solchen Hebel, wie ich mich oft zu überzeugen Gelegenheit hatte, nie zur Ruhe kommen, so daß schon die Körperwärme des Beobachters zu bedeutenden Schwankungen Veranlassung wird. Nun kann man freilich durch mancherlei Schutzmittel (§. 22) den Einfluß der Luftbewegung schwächen, doch haben auch diese Mittel ihre Gränze, und die besten reichen nicht aus, ihn ganz zu entfernen.

Somit ist es wohl klar, daß die Empfindlichkeit der Coulomb'schen Drehwaage an bestimmte Gränzen gebunden ist. Ueberschreiten wir diese Gränzen, nehmen wir zu grofse Scheibchen, um ein größeres Elektrizitätsquantum in Thätigkeit zu setzen, oder bedienen wir uns eines zu langen und feinen Fadens, so erfordert die Beobachtung nicht nur eine unverhältnißmäfsige Zeit, wegen der äußerst langsamen Bewegung des Hebels, sondern leidet auch durch die Veränderlichkeit der Luftströmung sehr an Genauigkeit. Beim Dellmann'schen Apparate stellt sich in dieser Beziehung ein weit günstigeres Resultat. Auf den feinen und an beiden Armen ganz gleichen Waagebalken wirken die Luftströmungen bei weitem weniger, und der Widerstand der Luft gegen seine Bewegungen wird so klein, daß er eine schlanke Folgsamkeit gegen geringe Torsionsveränderungen zeigen kann.

Vergleichen wir nun beide Apparate rücksichtlich ihrer Empfindlichkeit, so zeigt eine einfache Betrachtung ihrer Einrichtung, daß man, wenn die Elektrizitätsquelle reich, die Spannung der Elektrizität aber sehr gering ist, des Dellmann'schen Apparats sich bedienen muß, daß aber die Coulomb'sche Drehwaage bessere Dienste leisten wird, wenn die Quelle arm, aber von nicht unbedeutender Spannung ist.

Um hierüber einige vergleichende Zahlen zu erhalten, verwandelte ich einen schon länger gebrauchten Dellmann'schen Apparat, nachdem ich das Streifchen herausgenommen, in eine Coulomb'sche Drehwaage. An demselben Glasfaden, welcher den Waagebalken vorher getrag enhatte, 21 Zoll lang und so fein war, daß er sich, wenn man einen Knoten in ihn zu schlingen versuchte, zu einem Kreise von 0,3 Linien Durchmesser zusammenziehen liefs, ohne zu brechen, befestigte ich einen Schelllackhebel von äußerster Feinheit, welcher an seinem anderthalb Zoll langen Arme ein kreisförmiges Silberblättchen von $2\frac{3}{4}$ Par. Lin. Durchmesser trug. Durch ein Loch in dem Glasdeckel ward das andere eben so große Scheibchen in den Apparat gebracht. Es befand sich an einer $2\frac{1}{2}$ Zoll langen Lackstange, die ihrerseits unter einer kleinen Glasplatte befestigt war, welche bei dem Versuche das Loch im Deckel bedeckte. An diese Glasplatte war ein Holzstab gekittet, und mit solchen Vorrichtungen versehen, daß er immer wieder genau auf dieselbe Weise an einem Brette befestigt werden konnte, welches durch gute Charniere mit einem neben dem Apparate befindlichen schweren Klotze verbunden war. So konnte das Probescheibchen an dem Holzstabe frei gehandhabt und schnell wieder genau auf dieselbe Stelle in den Apparat gebracht werden. Ich beobachtete nun auf die gewöhnliche Weise, indem ich vor und nach der elektrischen Mittheilung den Abstand von 5 Grad zwischen den Scheibchen hervorbrachte, dabei aber noch die Vorsicht gebrauchte, genau zu beobachten, ob wirklich das herausgenommene Scheibchen genau seinen vorigen Platz wieder erhalten hatte.

Mit dieser Drehwaage und zugleich mit einem andern

Dellmann'schen Apparat, welcher früher mit dem jetzt zur Drehwaage umgewandelten zugleich benutzt, und rücksichtlich der Empfindlichkeit oft verglichen worden war, stellte ich nun folgende Versuche an, bei deren Angabe ich noch bemerke, daß die bei dem Dellmann'schen Apparate gegebenen Zahlen auf die Torsionskraft des in der Coulomb'schen Drehwaage befindlichen Glasfadens reducirt sind.

-) Die Luftströmungen waren in der Coulomb'schen Drehwaage von ungefähr doppelt so großer Einwirkung als bei dem Dellmann'schen Apparat, jedoch immer noch erträglich, und bei den sehr günstigen Temperatur- und Strahlungsverhältnissen, unter welchen die Versuche angestellt wurden, bei weitem nicht so lästig als die langsame Bewegung des Hebels.
-) Ward der Pol einer Säule von 48 Elementen, deren anderer Pol gut abgeleitet war, und welche (§. 12) eine sehr constante Spannung zeigte, mit dem Dellmann'schen Apparate verbunden, so ergab sich ein Ausschlagswinkel von 40° , so daß man, um den Waagebalken dem Streifchen auf 5° zu nähern, 287° Torsion hätte anwenden müssen. Als das Ende desselben ziemlich dünnen Polardrahts mit der Kante des Scheibchens der Coulomb'schen Drehwaage berührt wurde, ergab das Mittel der Versuche nur 18° Torsion.
-) An dem Ende eines langen Stabes hing an einem Seidenfaden eine Messingkugel von 22 Linien Durchmesser, welche immer wieder mit genau demselben Elektrizitätsquantum geladen werden konnte ¹⁾. Diese Ku-

1) Durch den Pol der Säule konnte dieses hier nicht geschehen, weil dessen schwache Spannung, wie oben im Verlaufe sich ergeben wird, für die Abstossung in der Coulomb'schen Drehwaage nicht ausreichte. Ich will aber hier eine Methode angeben, wie man einen größeren isolirten Leiter genauer als mit Hülfe des gewöhnlichen Goldblattelektrometers bis zu einer bestimmten Spannung laden kann. Es dient dazu ebenfalls der Dellmann'sche Apparat in etwas anderer Form. Man nimmt statt des Metallgehäuses ein cylindrisches Glas, und führt durch dessen durchbohrte Seitenwand das Streifchen ein, läßt dieses aber aussen etwa 2 Zoll vorragen. Das Streifchen braucht dabei keinen Ausschnitt zu bekommen,

gel ward das eine Mal an den Zuleitungsdraht des Dellmann'schen Apparats gebracht, und die Torsion bestimmt, welche erforderlich war, den Waagebalken auf 5° zu stellen; das andere Mal ward sie mit der Kante der Scheibe der Coulomb'schen Drehwaage berührt und die Torsion gemessen, welche demselben Winkel entsprach. — Die abstossende Kraft im Dellmann'schen Apparate erwies sich hierbei ungefähr 40 Mal so groß als bei der Coulomb'schen Drehwaage.

- 4) Von einem großen isolirten und elektrisirten Leiter ward mit der Scheibe der Drehwaage Elektricität an den Zuleitungsdraht des Dellmann'schen Apparats übertragen; dann ward nach abermaliger Berührung des Leiters die Scheibe in ihren Apparat gebracht. — Die abstossende Kraft war jetzt in der Coulomb'schen Drehwaage größer, und verhielt sich zu der im anderen Apparate ungefähr wie 37 : 1.

Die Gründe dieser Ergebnisse liegen nun wohl auf der

sondern man wendet einen Waagebalken an, welcher ein wenig gekrümmt ist und zum Visiren an den Enden kleine angeschmolzene Kügelchen trägt. Der getheilte Kreis ist auf das Glas rund herum mit dem Diamanten aufgeschnitten, doch genügen zur Noth auch einzelne Striche als Marken. Den Glasfaden nimmt man so kurz und stark, daß die Luftströmungen keinen Einfluß mehr äußern. — Stellt man den Waagebalken in einem Winkel von etwa 10° zum Streifchen, und theilt diesem Elektricität mit, so wird er, wenn er oben nahe genug über dem Streifchen herläuft, durch die Vertheilung abgestossen, indem die entgegengesetzte Elektricität in der Nähe seiner Mitte gebunden wird, die gleichartige freie und an dem längeren Hebel wirkende abstossend das Uebergewicht erhält. Der Abstosungswinkel wächst nun mit der Spannung der mitgetheilten Elektricität. — Zu dem oben benannten Zwecke bringt man den isolirten größeren Leiter ausen in Berührung mit dem Streifchen, und kann, wenn man ein isolirtes, auf Wolle geriebenes Zinkscheibchen zum allmäligen Elektrisiren anwendet, ein etwa entstandenes Uebermaass aber mit kleinen isolirten Leitern entfernt, mit Leichtigkeit immer wieder denselben Abstosungswinkel hervorbringen. — Ich glaube, daß dieses Instrument einer bedeutenden Vervollkommnung fähig wäre, wenn man es als eigentliches Elektrometer einrichten und zu diesem Zwecke den Waagebalken mit einem Spiegel nach Art der Magnetometer versehen wollte.

Hand. Der Dellmann'sche Apparat nimmt von einem ihm dargebotenen Elektrizitätsquantum einen bei weitem größeren Theil in sich auf als das Scheibchen der Drehwaage. So geht z. B. von dem Quantum, welches sich auf der besprochenen Messingkugel von 22 Linien Durchmesser befindet, $\frac{1}{18}$ in den bei diesen Versuchen benutzten Dellmann'schen Apparat über, während von dem übergegangenen Quantum $\frac{1}{27}$ sich in dem Streifchen nebst Waagebalken befinden, so daß also, wenn wir für den Fuß des Streifchens ein Ungeföhres in Abrechnung bringen, immerhin $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{3}$ der gesamten, vorher auf der Kugel befindlichen, Elektrizitätsmenge jetzt zur Abstossung des Waagebalkens verwendet wird.

Von dem Ende eines dünnen Polardrahtes konnte das Scheibchen der Drehwaage bei gleicher Spannung der Elektrizität ein größeres Quantum aufnehmen als von der Kugel. Ward in letztere ein hervorragender Draht von einigen Zollen Länge gesteckt, so nahm auch von dessen Ende die Scheibe viel mehr auf als von der Fläche der Kugel.

Die vierte Erscheinung ist eben so klar. Das auf dem Scheibchen befindliche Quantum ward in der Drehwaage auf vortheilhafte Weise zur Abstossung benutzt; berührte man aber mit dem Scheibchen den Dellmann'schen Apparat, so ging seine Elektrizität freilich zum größten Theile in diesen über, hatte sich aber auf dem Zuleitungsdraht, dem Streifchen und dem Waagebalken, also über eine solche Fläche zu verbreiten, daß die Dichtigkeit der elektrischen Schicht außerordentlich gering werden mußte.

Nach Art der Untersuchung, welche man anzustellen hat, wird man sich also des einen oder des anderen Instruments bedienen müssen. Kann man nur ganz kleine Ueberträger anwenden, so ist die Coulomb'sche Drehwaage weit empfindlicher, namentlich wenn man ihr Scheibchen direct als Ueberträger gebraucht; können aber, oder müssen vielleicht die Ueberträger von bedeutenderer Gröfse genommen werden, wie z. B. bei der Cavallo'schen Methode zur Messung der Luftelektrizität, oder hat man es gar mit

unendlich reichen Quellen wenig intensiver Elektricität zu thun, z. B. mit Säulen, so leistet der Dellmann'sche Apparat noch vortreffliche Dienste, wenn die Coulomb'sche Drehwaage uns schon lange im Stiche gelassen hat.

§. 5.

Die Empfindlichkeit des Dellmann'schen Apparats wäre jedoch von keinem Belange, wenn das Instrument nicht eine vollkommene deutliche Sprache führte und in seinen Angaben eine hinreichende Sicherheit verspräche.

Rücksichtlich der Sprache leuchtet wohl ein, daß das Instrument gerade wie die Coulomb'sche Drehwaage gebraucht werden kann (§. 6). Diese Art zu experimentiren ist aber unbequem, und wir müssen die in §. 3 angegebene Beobachtungsweise vorziehen, bei welcher wir den Zeiger immer auf denselben Stand stellen, und aus der Gröfse des Ausschlagswinkels auf die Gröfse der mitgetheilten Elektricität schliessen. Läßt in diesem Falle der Dellmann'sche Apparat auch nicht zu, daß aus rein theoretischen Principien eine Tabelle aufgestellt werde, aus welcher das zu jedem Winkel gehörige Elektricitätsquantum herauszulesen ist, wie dieses (auch allenfalls unter Berücksichtigung der Luftströmungen) bei der Coulomb'schen Drehwaage durchgeführt werden könnte, so läßt er doch (§. 9) eine solche Tabelle aus einigen Versuchen berechnen, welche unabhängig von dem Quantum der mitgetheilten Elektricität erscheinen. Diese Tabelle wird freilich für Instrumente, welche in der Gestalt von Streifchen und Waagebalken sehr verschieden sind, immer erst besonders berechnet werden müssen, für alle nach gleichen Dimensionen construirten aber dieselbe seyn.

Die Sicherheit in den Angaben des Instruments ist keine absolute, und nimmt ab, je geringer das mitgetheilte Elektricitätsquantum wird, doch bleibt sie, nach meinen Erfahrungen, nicht hinter der Sicherheit der Coulomb'schen Drehwaage zurück. Es wird zweckmäfsig seyn, einige Resultate anzugeben.

Ich bediente mich zur Prüfung des Apparats einer Säule aus Zink, Kupfer und destillirtem Wasser, welche hinsicht-

lich der elektroskopischen Kraft am nicht abgeleiteten Pole sich außerordentlich constant zeigte (§. 12). Entweder ward nun der freie Pol durch einen langen Draht mit isolirender Handhabe mit dem Zuleitungsdraht verbunden, oder es ward in das letzte Gläschen ein isolirter langer Draht gestellt, und von dessen Ende durch die mehrfach erwähnte Messingkugel Elektricität an den Apparat übertragen. In beiden Fällen mußten sich die elektrischen Werthe, welche aus der Tabelle II (§. 11) entnommen wurden, wie die Anzahlen der angewendeten Elemente der Kette verhalten.

1) Der Pol der Säule ward mit dem Zuleitungsdrahte verbunden.

a) Den Grad der Schwankungen im Ausschlagswinkel, wenn dieselbe Messung wiederholt wird, sieht man aus folgenden Zahlen, welche bei 48 Elementen diesen Winkel in Graden ausdrücken: in 46,7 — 46,8 — 47 — 47. Die elektrischen Quantitäten, welche dem Apparat mitgetheilt waren, verhalten sich beim kleinsten und größten Winkel wie 548 zu 554, so daß also hier die größte Differenz $\frac{1}{5}$, der Quantität beträgt, oder etwas über die halbe Spannung am freien Pole eines einzigen Elements. Bei einer Säule von 24 Elementen zeigte sich die größte Schwankung ebenso.

Bediente ich mich der Coulomb'schen Drehwaage, indem ich mit der Kante des Scheibchens möglichst genau immer auf dieselbe Weise das Ende des Polardrahts berührte, so schwankten die Resultate zwischen 16° und 20° Torsion, ergaben also eine größte Differenz von $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ der zu prüfenden Spannung. Dies ungünstige Resultat ist theilweise auf die Veränderlichkeit der Luftströmungen zu schieben, theilweise auf die Schwierigkeit, den Polardraht immer ganz genau auf dieselbe Weise zu berühren.

Die von Dellmann ¹⁾ vorgeschlagene Coulomb'sche

1.) *Poggendorff's Annalen*, Bd. 53, S. 606.

Drehwaage, bei welcher das sonst bewegliche Scheibchen fest im Apparate steht und durch einen Zuleitungsdraht elektrisirt wird, prüfte ich ebenfalls, hatte jedoch den Zuleitungsdraht in der Art beweglich eingerichtet, daß er von dem Scheibchen, nachdem Elektrizität mitgetheilt war, zur Verhinderung des Elektrizitätsverlustes nach Außen, abgedreht werden konnte. In dieser Gestalt gab, mit dem Pole der Säule verbunden, das Instrument die ziemlich bedeutende Torsion von etwa 90° für den Abstand von 5° zwischen den Scheibchen, was nicht zu verwundern ist, wenn man bedenkt, daß hier der Zuleitungsdraht mit abstoßend wirkt, und daß die beiden Scheibchen zusammen weit mehr Elektrizität aufnehmen als ein einzelnes, sobald ihre Flächen bei der Berührung nicht ganz genau aneinanderliegen. Die Sicherheit der Messung war bei dieser Einrichtung ziemlich bedeutend, blieb aber doch noch hinter der des Dellmann'schen Apparats um das Dreifache zurück, indem bei einer gleichen Anzahl der Versuche der größte Fehler $\frac{1}{30}$ der zu messenden Spannung betrug.

b) Wurde beim Dellmann'schen Apparat das Mittel aus den vier Messungen bei 48 Elementen genommen und eben so das bei 24, so lieferte die Tabelle die Zahlen 5,534 und 2,765, welche sich wie 48 zu 23,98, also fast genau wie die Anzahlen der angewendeten Elemente verhalten.

Anmerkung. Bei diesen Versuchen muß man dafür sorgen, daß die Säule nicht unmittelbar vorher mehr oder minder vollkommen geschlossen gewesen ist (§. 12). Dann muß man auch, wenn man genau gleiche Ausschläge bekommen will, auf die Zeit ihrer Verbindung mit dem Zuleitungsdrahte Rücksicht nehmen. Währt diese Zeit über 10 Secunden, so ist eine noch längere Dauer gleichgültig, berührt man aber den Zuleitungsdraht nur ein einziges Mal momentan, so wird der Ausschlagswinkel aus Gründen, welche weiter unten angeführt sind, durchschnittlich um etwa einen Grad zu klein.

2) Mittheilung bestimmter elektrischer Quantitäten durch Uebertragung mit der Kugel.

Es ist eine ziemlich schwierige Aufgabe, auf einem Ueberträger, z. B. der bezeichneten Kugel, immer genau dasselbe Elektrizitätsquantum aufzuhäufen. Die Genauigkeit der oben (in der Note) angegebenen Methode reicht bei weitem nicht aus, wenn es darauf ankommt zu entscheiden, ob kleine Differenzen in den Resultaten der Messung wirklich allein auf das Instrument zu schieben sind. Ich bediente mich also lieber wieder der Elektrizität der Säule, deren Spannung von Zeit zu Zeit an einem zweiten Instrumente in der vorsinnigen Weise geprüft und ganz constant befunden wurde, stiefs aber trotz dem auf Schwierigkeiten, welche ich hier aus dem Grunde anführe, weil ihre Ursache zur Erklärung einer bestimmten Unvollkommenheit des Apparats dienen wird.

Dafs man mit der Kugel den Polardraht immer genau auf dieselbe Weise berühren müsse, weil sie bei einer mehr tangentialen Berührung weniger Elektrizität aufnimmt als bei einer centralen (wo der verlängert gedachte Draht ihren Mittelpunkt schneidet); dafs der Stab während der Elektrisirung immer dieselbe Lage zur Kugel haben müsse wegen der sonst veränderlichen Gröfse der Rückbindung; dafs endlich bei der Berührung des Zuleitungsdrahts eine gleiche Rücksicht auf die Lage der Körper zu nehmen sey, ist wohl kaum nöthig zu bemerken; vielmehr jedoch kommt es auf die Art der Isolirung an. Ueber die Schwierigkeit derartiger Versuche hat sich Munck af Rosenschöld freilich bei Gelegenheit eines anderen Beispiels in seinen Untersuchungen über Vertheilung und Bindung der Elektrizität ¹⁾ ausgesprochen, und namentlich auf die »Rückwirkung« der Isolatoren hingewiesen, worunter gewifs die Einwirkung der auf dem Isolator vertheilten Elektrizität verstanden werden soll.

Auf einer frischen Schelllackscheibe wird durch Annäherung eines elektrischen Körpers nur schwierig und in geringem Maafse die Elektrizität vertheilt, mit grofser Leich-

tigkeit aber auf dem Glase. In der kürzesten Zeit wird hier schon ein bedeutendes Quantum Elektricität gebunden, welches sich nach Entfernung der Ursache erst sehr allmählig wieder verliert. In erhöhtem Grade zeigt sich die Erscheinung, wenn das Glas nicht isolirt ist, doch tritt dann auch weit rascher der indifferente Zustand wieder ein. Hält man mit feuchten Fingern eine von Staub gereinigte Glastafel von einigen Quadratzollen an einer der Ecken, und nähert ihr eine auf Wolle geriebene, also schwach $+$ elektrische Zinkscheibe bis auf $\frac{1}{2}$ Zoll nur eine Secunde lang, so giebt jetzt die Tafel, einerlei mit welcher Seite, über den Knopf eines Säulenelektroskops gehalten, einen starken negativen Ausschlag, dessen letzte Spuren sich erst nach einer halben Minute und länger verlieren, obschon die feuchte Verbindung mit dem Körper des Beobachters noch fortbesteht. Dauert die Annäherung der Zinkscheibe längere Zeit, so wird mehr Elektricität gebunden, und verliert sich auch erst später. Ist die Tafel mit einer der Ecken an eine Schelllackscheibe gekittet, welche an einer längeren Lackstange gehandhabt wird, so erfolgt die Trennung der Elektricitäten langsamer, weil die freie nur schwierig über das Lack hin sich bewegen kann, es dauert aber auch sehr lange, bis der indifferente Zustand wieder eingetreten ist; eine Minute der Annäherung der Zinkscheibe reicht hin, eine halbe Stunde lang die Elektricitäten getrennt zu erhalten; die Glastafel giebt, über den Knopf des Elektroskops gehalten, einen negativen, die Lackscheibe einen positiven Ausschlag. Berührt man jedoch das Glas einige Secunden lang mit dem Finger, so hört bei ihm die negative Wirkung auf, und es tritt jetzt nach Entfernung des Fingers allmählig und anscheinend ziemlich rasch positive Elektricität von dem Lack auf das Glas über. — Beim Schelllack haben wir dieselbe Erscheinung, jedoch in viel geringerem Maasse, natürlich desto weniger, je reiner seine Oberfläche ist.

Diese Umstände machen es ganz unthunlich, den Ueber-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 69, S. 68.

träger mit Schelllack an das Ende eines Glasstabes zu kit-
ten. Eine solche Vorrichtung wirkt wie ein Condensator,
nur mit der Modification, daß die Gröfse der Bindung und
Rückbindung von der Zeit abhängig ist. Berührt man un-
gleiche Zeiten hindurch den elektrischen Körper, so wird
ungleich viel Elektricität auf dem Ende des Stabes gebun-
den und damit proportional ein ungleiches Quantum vom
Ueberträger aufgenommen. Bringt man diesen nun an das
Elektrometer, so wird, je länger die Berührung dauert,
desto mehr Elektricität in das Elektrometer übergehen. Im
ersten Augenblicke giebt der Ueberträger nur seine freie
Elektricität ab; dadurch wird ein Theil der auf dem Stabe
gebundenen Elektricität seinerseits frei, und tritt allmählig
von dem Ende desselben zurück, einen verhältnißmäßigen
Theil der auf der Kugel rückgebundenen Elektricität ent-
fesselnd. Was bei einem Metallstabe augenblicklich ge-
schieht, erfolgt hier in einer sehr meßbaren Zeit. Es schützt
dagegen nicht, das obere Ende des Glasstabes, sogar einen
Fuß lang, mit Schelllack zu überziehen, denn die Elektri-
cität bewegt sich zwischen dem Lack und dem Glase mit
großer Leichtigkeit. Mehr schon hilft es, wenn man das
untere Ende des Stabes isolirt, und noch mehr, wenn man
ihn ganz mit Lack überzieht.

Der Dellmann'sche Apparat ist sehr geeignet, die Grö-
ßenverhältnisse rücksichtlich dieser gebundenen Elektricität
und der zu der Bindung erforderlichen Zeit zu bestimmen,
doch ist die Sache wohl zu bekannt, als daß es erlaubt
wäre, sich länger dabei aufzuhalten. Den Einwand will
ich nur noch zurückweisen, daß das Steigen in den Anga-
ben des Elektrometers bei längerer Berührung des Ueber-
trägers mit der Elektricitätsquelle und dem Zuleitungsdrahte
des Instruments von der Elektricität herrühren könnte, wel-
che vom Ueberträger auf den Isolator getrieben ist, und
nun von letzterem allmählig zurückkehrt. Jede Rolle bei
der Erscheinung spreche ich dieser Elektricität nicht ab,
schreibe ihr aber eine sehr untergeordnete zu. Davon kann
man sich bald überzeugen, wenn man den Ueberträger mit

dem Finger entladet und dann schnell das obere Ende des Stabes an das Elektroskop bringt; sogleich hat man den entgegengesetzten Ausschlag.

Versucht man es mit dem an den Glasstab gekitteten Ueberträger dadurch gleiche Angaben des Instruments bei Prüfung derselben Elektrizitätsquelle zu erzielen, daß man genau gleiche Zeiten bei der Berührung der Körper einhält, so erreicht man seinen Zweck ziemlich gut, doch wird man ein Wachsen der Angaben bemerken, wenn man die Versuche rasch auf einander folgen läßt.

Hängt man die Kugel durch einen seidenen Faden an das Ende des gefirniften Glasstabes, so entfernt man den störenden Einfluß je nach der Länge des Fadens mehr und mehr, bemerkt jedoch die Einwirkung noch häufig. Besser steht man sich also, statt des Glasstabes eine Metallstange zu nehmen. Sie wirkt natürlich noch mehr als Condensator als das Glas, jedoch in einer von der Zeit unabhängigen Weise.

Wenden wir diese Erfahrungen über die condensirende Eigenschaft des Glases auf den Dellmann'schen Apparat an, so ergibt sich, daß ähnliche Erscheinungen in ihm selbst auftreten müssen. Hier wirken der Glasfaden, an welchem, wenn auch durch einen Zoll langen Lackfaden getrennt, der Waagebalken hängt, der Glasdeckel des Gehäuses, das Röhrchen auf welchem das Streifchen befestigt ist, und namentlich das, welches den Zuleitungsdraht eingeschlossen enthält, auf ganz ähnliche Weise, und lassen in Verbindung mit der direct auf das Schelllack getriebenen und nur langsam von ihm zurückkehrenden Elektrizität nicht zu, daß der Apparat in ganz kurzer Zeit in einen vollkommen unelektrischen Zustand zu bringen ist, was sich allemal dann rächt, wenn man rasch hinter einander von der Messung intensiver Elektrizität zu der von ganz geringer Spannung fortschreitet. Bei der Coulomb'schen Drehwaage konnte ich ebenfalls die letzten Spuren der Elektrizität nur schwierig entfernen, und so wird es gewiß bei allen Elektrometern seyn, welche fein genug sind, um diese letzten Spu-

n überhaupt erkennen zu lassen. Wenn ich aber auch aubte den Dellmann'schen Apparat vollständig entladen haben, so stellten sich doch noch Ungleichheiten in den ausschlagswinkeln ein, welche ich nach der Art, wie sie sich zeigten, nicht allein auf ein ungleiches Quantum der Elektricität im Ueberträger schieben kann, und welche wachsen, je geringer das mitgetheilte Quantum wird. Ich schiebe grofsentheils auf die angeführte Bindung durch die Isolatoren, deren Einfluss aus mir unbekannten Gründen verderblich seyn mufs, theilweise auch darauf, dafs die blofse Berührung schwach aneinandergedrückter Drähte wohl nicht reicht, der Elektricität, wenn sie von ausnehmend geringer Spannung ist, einen immer gleich bequemen Weg vorzubieten. Mit je weniger Schelllack übrigens die zu isolierenden Körper in Berührung sind, desto regelmäfsiger werden die Ausschläge. Häufig schon habe ich durch blofses Ankitten des Zuleitungsdrahts bedeutende Verbesserungen erzielt.

Um nun einen Begriff von der Gröfse dieser Schwankungen bei Mittheilung desselben Elektricitätsquantums zu bekommen, mögen folgende Data dienen.

a) Ein Seidenfaden von $2\frac{1}{2}$ Zoll Länge trug die Kugel, welche als Ueberträger gebraucht wurde, und war fest in eine Drahtöhse geschlungen, welche ihrerseits an einen langen, aber gefirniften Glasstab gekittet war. Es wurden Säulen von 48, 40, 32, 24 und 16 Elementen in Anwendung gebracht, und die Elektricität des Polardrahts mit der Kugel übertragen. Jetzt mufsten sich die zu den Ausschlagswinkeln gehörigen Zahlen der Tabelle wie die Zahlen 6, 5, 4, 3 und 2 verhalten, und würden, wie der folgende Versuch b zeigen wird, dieses auch gewifs sehr nahe gethan haben, wenn ein Mittel aus mehreren Versuchen gezogen wäre. Um jedoch die Fehlerhaftigkeit des Instruments kennen zu lernen, machte ich jedesmal nur einen Versuch, und bekam aus der Tabelle Zahlen, welche sich verhielten wie 6 — 4,8 — 3,9 — 2,8 und 2,2.

Die Abweichungen waren also $-\frac{1}{45}$, $-\frac{1}{40}$, $-\frac{1}{15}$ und $+\frac{1}{10}$ des mitgetheilten Quantums.

- b) Es ward bei Säulen von 48 und von 24 Elementen derselbe Versuch wiederholt, jedoch das Mittel aus je sieben Messungen genommen. Jetzt ergaben sich aus der Tabelle die Zahlen 2,24 und 1,11, welche sich verhalten wie 48 zu 23,7.

Die Fehler rühren theils von der Beobachtungsmethode her, theils vom Instrumente. Unter ungünstigen Umständen kann letzteres das mitgetheilte Quantum um $\frac{1}{6}$ verkehrt angeben, wenn es sehr gering, nämlich das auf der 22 Linien grossen Kugel von 16 Elementen aufgehäufte ist, und diese Unrichtigkeit wächst noch, wenn das Quantum geringer wird. Jeder Physiker wird wissen, dass ein solches Quantum ausserordentlich gering ist, indem dadurch das Goldblatt eines sehr empfindlichen Säulenelektroskops kaum um eine bis zwei Linien bewegt wird. Mit der Coulomb'schen Drehwaage eine solche Elektricität der Kugel zu prüfen, ist gänzlich unthunlich, da sogar die drei Mal so grosse von 48 Elementen kaum von ihr angedeutet, geschweige denn gemessen wird.

In einer Beziehung wirkt die condensirende Eigenschaft des Glases sehr vortheilhaft bei diesen Instrumenten, nämlich rücksichtlich des Elektricitätsverlustes. Ihr muss man es hauptsächlich zuschreiben, dass dieser Verlust so ausserordentlich gering ist, ja anomaler Weise verhältnissmässig desto geringer wird, je grössere Spannung die mitgetheilte Elektricität besitzt ¹⁾. Es verhalten sich nämlich in gleichen Zeiten die Verluste keineswegs wie die Dichtigkeiten, sondern viel eher wie deren Quadratwurzeln, doch habe ich ein ganz bestimmtes Gesetz darüber noch nicht gefunden.

1) Hr. Dr. Riefs zeigte mir, als ich ihm diese Bemerkung aus meinem bereits geschriebenen Aufsate mittheilte, seine schon gedruckte, aber noch nicht im Buchhandel erschienene Abhandlung: „Ueber die Bestimmung elektrischer Dichtigkeiten in der Torsionswaage,“ worin dieselbe Erfahrung bekannt gemacht, und auf eine andere, mir allerdings richtiger scheinende Weise, erklärt ist.

Aufstellung der Tabellen.

§. 6.

Wollte man nicht in der §. 3 bezeichneten Weise die Versuche anstellen, sondern bei jedem derselben die Torsion so lange reguliren, bis immer derselbe Winkel z. B. von 10° zwischen dem Streifchen und Waagebalken hervor gebracht wäre, so würde die Aufstellung einer Tabelle für die dem Apparat mitgetheilten Quantitäten sehr einfach seyn. Das Gesetz, daß sich die Elektricität in demselben Körper immer nach denselben Verhältnissen anordnet, ihr Quantum mag seyn, welches es will, bietet uns dazu die Hülfsmittel. Während bei der rechtwinkligen Stellung des Waagebalkens zum Streifchen Elektricität mitgetheilt wird, bilden diese beiden Körper mit dem Zuleitungsdrahte einen einzigen, so daß, unabhängig von der Größe des mitgetheilten Quantum, die Theilung der Elektricität zwischen allen dreien immer nach demselben Verhältnisse erfolgen muß. Wird jetzt der Zuleitungsdraht gesenkt, so tritt eine neue, in allen Fällen aber dieselbe Anordnung im Streifchen und Waagebalken ein. Hebt man darauf die Berührung zwischen diesen beiden Körpern auf, indem das Streifchen (immer bis zu derselben Tiefe) gesenkt wird, so ordnet sich die Elektricität zwar wieder um ein Weniges anders an, das Verhältniß der Quantität im Streifchen zu der im Waagebalken muß aber immer dasselbe seyn. Es muß aber erlaubt seyn, das oben citirte Gesetz auch auf zwei getrennte Körper anzuwenden in folgender Art:

- A. Ist, wie in diesem Falle, das Verhältniß der Quantitäten in zwei Körpern genau dasselbe, so müssen sich die Elektricitäten in ihnen genau auf dieselbe Weise anordnen, wenn man sie einer gegenseitigen Einwirkung aussetzt, sobald die Körper nur genau immer in dieselbe Lage zu einander gebracht sind.

So sind wir also berechtigt zu behaupten, daß bei verschiedenen Versuchen und verschiedenen Quantitäten der mitgetheilten Elektricität die Dichtigkeiten an irgend einem aber demselben Punkte des Streifchens oder des Waage-

balkens immer genau das Verhältniß der mitgetheilten Quanta besitzen müssen, sobald nur diese Körper denselben Winkel mit einander machen. Da sich nun in einem solchen Falle die abstossenden Kräfte, welche wir durch die Torsion des Fadens messen, wie die Quadrate der Dichtigkeiten homologer Punkte, also besser wie die Quadrate der mitgetheilten Elektrizitätsmengen verhalten, so würden die Quadratwurzeln aus den Torsionen sogleich die Verhältnisse dieser Mengen angeben. Nähme man irgend eine Quantität als Einheit an, so ließe sich danach leicht eine Tabelle berechnen, welche für jede andere Torsion das Quantum durch diese Einheit ausdrückte.

§. 7.

Schwieriger gestaltet sich indessen die Aufstellung einer Tabelle, welche nach der im §. 3 bezeichneten Beobachtungsweise für jeden Ausschlagswinkel das Verhältniß der Quantität angiebt. Diese Art zu messen hat aber etwas so ungemein bequemes, daß es sich für denjenigen, welcher öfters sich dieser Instrumente bedienen will, schon der Mühe lohnt, einen Tag lang die zur Aufstellung einer solchen Tabelle nöthigen Vorversuche anzustellen, und einen zweiten Tag zu ihrer Berechnung zu verwenden.

Zur Aufstellung einer solchen Tabelle, welche ich mit II bezeichnen will, handelt es sich zunächst um eine andere Tabelle I, nämlich um ein Gesetz, welches die Zunahme der abstossenden Kraft mit der Abnahme des Winkels zwischen Streifchen und Waagebalken ausspricht. Ich meine so: Hat man dem Apparate Elektrizität mitgetheilt, und denkt sich nun durch allmälige Vermehrung der Torsion diesen Winkel mehr und mehr verkleinert und endlich zu Null gemacht, so müßte man das Gesetz der Reihe der zugehörigen Torsionen kennen. Man müßte also eine Gleichung besitzen, in welcher die Torsion (abstossende Kraft) durch eine Function des Winkels und des mitgetheilten Elektrizitätsquantums ausgedrückt erscheint. Dieser Ausdruck wird aber das Verhältniß, in welchem bei *Verminderung* des Winkels die abstossende Kraft zunimmt, un-

abhängig von der mitgetheilten Elektricitätsmenge erblicken lassen; er wird vielmehr ein Product seyn, dessen einer Factor das Quadrat dieser Menge ist ¹⁾). Fassen wir nämlich zwei verschiedene Winkel α und β zwischen Streifchen und Waagebalken in's Auge, und sey für sie bei einem und demselben Elektricitätsquantum das Verhältniß der abstossenden Kräfte oder Torsionen das von a zu b , so ist es bei dem m fachen dieses Quantum, wie aus §. 6, A folgt, das von am^2 zu bm^2 . *Die Verhältnisse der abstossenden Kraft für verschiedene Winkel aber dasselbe Elektricitätsquantum sind also dieselben, dieses Quantum mag seyn welches es will.*

Besäßen wir aber eine Tabelle I, welche für alle Winkel zwischen Waagebalken und Streifchen das Verhältniß der abstossenden Kräfte bestimmte, so wäre es ein Leichtes aus ihr die intendirte Tabelle II zu berechnen, welche, irgend ein Elektricitätsquantum als Einheit genommen, für jeden Ausschlagswinkel (wo also der Zeiger auf Null gestellt ist) die im Apparate befindliche Quantität ablesen liefse.

§. 8. Die Tabelle I.

Vorläufig weiß ich nichts Besseres anzugeben, als die Tabelle I durch Torsionsversuche aufzustellen. Will man das Verhältniß der abstossenden Kraft bei zwei Winkeln α und β erfahren, so theilt man in der gewöhnlichen Weise Elektricität mit, und bestimmt die Torsionen t und t' des Fadens, welche den Waagebalken nöthigen, diese Winkel mit dem Streifchen zu bilden. Das Verhältniß $\frac{t}{t'}$ der ab-

1) Es wäre von Interesse für das Instrument, wenn ein gewandter Analyst die gewünschte Gleichung aufstellen wollte, wenn auch nur mit Rücksicht auf zwei sich kreuzende und im Kreuzungspunkte beweglich gedachte gleich lange elektrische Linien. Wenn auch der Ausschnitt im Streifchen bei ganz kleinen Winkeln eine bedeutende Modification herbeiführen müßte, so würde das Gesetz doch für grössere Winkel brauchbar seyn, zumal wenn die geringe Breite des Streifchens sich, wie es wahrscheinlich ist, als fast indifferent herausstellen sollte.

stossenden Kräfte ist dasselbe, welches Elektrizitätsquantum auch mitgetheilt sey. Dabei gebraucht man, des Elektrizitätsverlustes wegen, die Vorsicht, erst t , dann t' und zuletzt wieder t zu bestimmen, und aus den doppelt gefundenen Werthen von t das Mittel zu nehmen. Natürlich ist es der Beobachtungsfehler wegen nöthig $\frac{t}{t'}$ aus dem Mittel einer gröfseren Anzahl von Versuchen zu bestimmen, auch die augenblicklich bei den Ständen des Waagebalkens herrschenden Luftströmungen (§. 20) zu berücksichtigen, indem man ihre drehende Kraft, je nach ihrer Richtung, den Torsionen zuzählt oder sie von ihnen subtrahirt.

So fortfahrend könnte man für alle Winkel das Verhältnifs der abstossenden Kräfte aufsuchen, würde aber eine erhebliche Zeit mit dieser langweiligen Arbeit verbringen müssen. Es genügt indessen, dieses Verfahren auf eine kleinere Anzahl von Winkeln zu beschränken und die Werthe für die zwischenliegenden zu interpoliren. Wie dieses geschehen kann, wird am besten an einem Beispiele gezeigt werden, zu welchem ich die Zahlen von den Torsionsversuchen bei einem meiner Instrumente entlehne.

Es wurde immer mit der Torsion bei dem Stande des Waagebalkens auf 10° diejenige verglichen, welche bei 5, 20, 30, 40, 50, 60, 70 und 80 Grad herrschte, und für jeden dieser Winkel $\frac{t}{t'}$ aus dem Mittel einer ziemlichen Anzahl von Versuchen bestimmt. Nachdem die Verhältnisse alle auf denselben Nenner gebracht waren, stellten sich folgende Zahlen heraus, welche die Abstossung bei den übrigen Winkeln bezeichnen, wenn die bei 10° gleich 100 gesetzt wurde.

Winkel zw. Streifch. u. VWaagb. in Graden.	Abstoßungskraft der Elektricität.	Quotienten auf- einanderfolgen- der Kräfte.
0	230 (etwa)	} 0,435
5	149,2	
10	100	} 0,53
20	52,68	
30	32,13	} 0,61
40	20,76	
50	13,45	} 0,646
60	8,70	
70	5,39	} 0,647
80	2,38	

Vergleicht man die Zahlen, welche das Verhältniß der abstoßenden Kräfte ausdrücken von 20° bis 70° , so sieht man, daß sie so ziemlich eine geometrische Reihe bilden, wie aus den nebenstehenden Quotienten zu ersehen ist. Man würde also einen erheblichen Fehler begehen, wenn man die Interpolation so vornehmen wollte, als ob z. B. zwischen den Gränzen von 40° und 50° die abstoßende Kraft in einer arithmetischen Reihe abnähme. Kaum zwischen 50° und 70° dürfte das erlaubt seyn, wovon man sich überzeugen wird, wenn man die Curve (die Winkel als Abscissen, die abstoßenden Kräfte als Ordinaten genommen) bildlich darstellt. Man wird vielmehr die Interpolation z. B. für den Winkel von 43° vornehmen, wenn man den Ausdruck

$$20,76 \cdot \left(\frac{13,45}{20,76} \right)^{0,3}$$

auswerthet. Da nun einleuchtet, daß dasselbe Verfahren auch für die Winkel zwischen 5° und 20° , wenn auch mit geringerer Richtigkeit, anzuwenden sey, so kann man sich allgemein so ausdrücken:

Bezeichnet $K_{\alpha.10}$ die abstoßende Kraft bei $\alpha.10$ Grad, und ist m kleiner als 10, so ist die abstoßende Kraft bei $\alpha.10 + m^\circ$:

$$K_{\alpha.10+m} = K_{\alpha.10} \cdot \left(\frac{K_{(\alpha+1).10}}{K_{\alpha.10}} \right)^{\frac{m}{10}}.$$

Durch dieses Verfahren ist mit Hülfe der Logarithmentafeln die Interpolation vorzunehmen, und die Tabelle I für die Winkel von 5° bis 80° herzustellen. Für kleinere und grössere Winkel können wir das Instrument nicht gut gebrauchen, und wenn im §. 11 die Tabellen noch unter 5° Zahlen enthalten, so sind dieselben nur annäherungsweise richtig, unter 3° aber unbrauchbar.

§. 9. Die Tabelle II.

Um die Tabelle II aus der eben dargestellten abzuleiten, kann man folgenden Schluss machen.

Bei dem *Ausschlagswinkel* ist die Torsion immer $\frac{1}{2}$ der Anzahl der Grade des Winkels gleich. Bringt ein elektrisches Quantum Q den Ausschlagswinkel m hervor, ein anderes q den Winkel n , so verhalten sich bei diesen verschiedenen Winkeln ihre abstossenden Kräfte wie m zu n . Die Tabelle I lehrt aber, wie groß die abstossende Kraft der Quantität Q beim Winkel n gewesen seyn würde. Sind nämlich μ und ν die beiden zu den Winkeln m und n gehörigen Verhältniszahlen der Tabelle I, so ist die abstossende Kraft des Quantum Q beim Winkel n gleich $m \cdot \frac{\nu}{\mu}$.

Da sich nun die Quantitäten wie die Quadratwurzeln der abstossenden Kräfte verhalten, so ist:

$$Q : q = \sqrt{m \cdot \frac{\nu}{\mu}} : \sqrt{n}$$

oder:

$$Q = q \cdot \sqrt{\frac{m \cdot \nu}{n \cdot \mu}}.$$

Setzt man irgend ein Elektrizitätsquantum q , z. B. das, welches den Ausschlagswinkel von 10° hervorbringt, gleich 1, so ist, namentlich wenn man die Logarithmen von μ aufbewahrt hat, welche bei der Interpolation in der *Tabelle I* gefunden waren, in einigen Stunden die *Tabelle II*

zu berechnen, die dann für jeden Ausschlagswinkel das mitgetheilte elektrische Quantum durch dasjenige ausdrückt, welches der Ausschlagswinkel von 10° herbeiführt.

Da in dieser Gestalt die Tabelle II nur eine Reihe von Quantitätsverhältnissen angiebt, so kann sie leicht auf jede andere Einheit reducirt werden. Hätte man vielleicht später einen Grund, die Einheit, welche zum Ausschlagswinkel β gehört, als Einheit anzunehmen, so brauchte man blofs alle Zahlen der Tabelle durch die dem Winkel β angehörigen zu dividiren, um eine andere zu erhalten, welche nach dieser neuen Einheit die Quantitäten mißt. Dieses würde von Wichtigkeit werden, wenn es gelingen sollte, auf einem Ueberträger von bestimmter Gröfse, vielleicht durch Hülfe der Säule, überall und jeder Zeit dasselbe Elektrizitätsquantum aufzuhäufen. Dadurch würden wir in den Stand gesetzt werden, uns eines gemeinsamen Maafses bei elektrischen Messungen zu bedienen, was unter Umständen, z. B. bei der Lufterlektricität, von bedeutendem Interesse seyn könnte ¹⁾.

§. 10. Tabelle III, zur Correction wegen der Luftströmungen.

Stellen wir einen elektrischen Meßversuch an, während im Inneren zugleich ein Luftstrom drehend auf den Waagebalken wirkt, so wird durch ihn der Ausschlagswinkel modificirt; und der aus der Tabelle für diesen genommene Werth mehr oder weniger unrichtig seyn. Es entsteht also hier die Frage: Wohin würde sich der Waagebalken gestellt haben, welches würde der Ausschlagswinkel gewesen seyn, wenn keine Luftströmung eingewirkt hätte? Ist letzterer aufgefunden und wird nun für ihn die Zahl der Tabelle II genommen, so hat man die Correction wegen der Luftströmung angebracht.

Zu diesem Zweck hat man zunächst die Stärke des Luft-

1) Es versteht sich, dafs dann jedes andere Elektrometer, sobald es nur eine eben so verständliche Sprache spricht, zu demselben Zwecke dienen könnte.

stroms, d. h. seine den Waagebalken drehende Kraft, durch einen Versuch auszumitteln, wenn die elektrische Messung vorgenommen, also der Ausschlagswinkel gefunden ist. Man entladet zu dem Ende den Apparat und regulirt nun die Torsion so, daß der Waagebalken wieder den Stand bekommt, bis zu welchem er von der Elektrizität abgestossen war. Da dieser Stand jetzt mit dem des Zeigers übereinstimmen müßte (§. 2, No. 6), wenn gar keine Kraft im Innern drehend wirkte, so ergiebt die Differenz zwischen beiden sogleich die drehende Kraft des Luftstroms, und zwar gemessen durch die Torsionskraft des Fadens ¹⁾. Eine Tabelle III zeigt nun für jeden Stand des Waagebalkens an, um wie viel der Ausschlagswinkel durch einen Grad Luftströmungstorsion modificirt werde, so daß diese Zahl der Tabelle multiplicirt mit der Anzahl der gefundenen Grade den Winkel bezeichnet, um welchen je nach der Richtung der drehenden Einwirkung der beobachtete Ausschlagswinkel vergrößert oder verkleinert werden muß.

Beispiel: Der Ausschlagswinkel sey 23° , der Luftstrom 2° , und zwar in dem Sinne, daß er den Winkel zu verkleinern strebt. Die Tabelle III giebt für 23° die Zahl 0,48. Der corrigirte Ausschlagswinkel ist also $23 + 2 \cdot 0,48^{\circ}$.

Die Tabelle III wird nun folgendermaßen aufgestellt.

Es mag die Torsionskraft, mit welcher der Luftstrom den Waagebalken an das Streifchen anzulegen strebt, in ganzen Graden gemessen durch $+l$ ausgedrückt werden, während $-l$ seine Größe vorstellt, wenn er abdrehend wirkt. Wir stellen nun die Frage nicht in ihrer ursprünglichen Form: »Um wie viel verändert der Luftstrom l den Aus-

1) Man braucht nicht zu ängstlich dafür zu sorgen, daß der Waagebalken bei der Bestimmung des Luftstroms genau wieder auf den vorigen Ausschlagswinkel zu stehen kommt, weil für nur wenig verschiedene Stände desselben der Strom fast gleiche Wirkung ausübt. Größere Vorsicht ist dabei nur nöthig, wenn bei kleinen Ausschlagswinkeln die Strömung mehr als einige Grade Torsionskraft besitzt. Sehr zweckmäßig wird man den Apparat so stellen, daß die Richtung des Streifchens mit der gewöhnlichen Richtung des inneren Windes übereinstimmt (§. 20).

schlagswinkel m des Waagebalkens? „ 1) sondern kehren sie um und fragen? » Wie groß muß l seyn, damit der Ausschlagswinkel m um n^0 modificirt werde? „

Da der Luftstrom $\pm l$ die beim Ausschlagswinkel m herrschende Torsion m des Fadens um l Grad vergrößert oder verkleinert, so ist die Frage dieselbe, als wollte man untersuchen, um wie viel Grad die Torsion m zu verändern sey, damit der Winkel m in den $m \mp n$ übergehe. Heißt diese Zahl der Grade l , so herrscht dann beim Winkel $m - n$ die Torsion $(m - n) + l$. Setzt nun die Tabelle I fest, daß das Verhältniß der abstossenden Kräfte desselben elektrischen Quantum bei den Winkeln m und $m - n$ das von μ zu π sey, so ist die abstossende Kraft der Elektrizität bei $m - n^0$ gleich $m \cdot \frac{\pi}{\mu}$. Diese ist der Torsion gleich, so daß

$$m \cdot \frac{\pi}{\mu} = (m - n) + l$$

seyn muß, woraus sich

$$l = n + \frac{m}{\mu} \cdot (\pi - \mu)$$

ergiebt. Eben so findet man für einen den Ausschlagswinkel vergrößernden Luftstrom:

$$l = n - \frac{m}{\mu} (\varphi - \mu),$$

wenn μ und φ die Verhältnißzahlen der Tabelle I für die Winkel m und $m + n$ sind.

Im letzteren Fall ist aber $\varphi < \mu$, so daß die Differenz $\varphi - \mu$ negativ ist, überhaupt also doch zu n addirt wird. Dadurch entsteht die practische Regel: Soll gefunden wer-

1) In dieser Form führt die Frage zu einer unpractischen Gleichung. Bezeichnet nämlich x die durch den Luftstrom $\pm l$ herbeigeführte Modification des Ausschlagswinkels m , während μ und ν die zu den Winkeln m und $m \mp 10^0$ gehörigen Verhältnißzahlen der Tabelle I sind, so ist innerhalb der Gränzen des Luftstroms, bei denen man noch experimentiren kann, $m \pm x = (m \pm l) \cdot \left(\frac{\nu}{\mu}\right)^{\frac{x}{10}}$. Zu einer Prüfung des folgenden Verfahrens kann in einzelnen Beispielen die Gleichung immerhin dienen.

den, welches die Torsionsstärke l eines Luftstroms ist, der den in unbewegter Luft entstandenen Ausschlagswinkel m um n° modificirt, so addirt man zu n das Product, welches entsteht, wenn man $\frac{m}{\mu}$ mit der positiven Differenz der Verhältniszahlen für m und $m \mp n$ (aus der Tabelle I) multiplicirt.

Die Gleichung für l , verglichen mit den Zahlen der Tabelle I, lehrt, daß der Einfluß des Luftstroms bei kleinen Winkeln viel bedeutender sey als bei großen, bei 10° drei bis vier Mal so groß als bei 75 , und deshalb viel sorgfältiger beachtet werden müsse.

Da die Verhältniszahlen der Tabelle I innerhalb der in der Praxis vorkommenden engen Grenzen von m und $m \mp n$ ziemlich eine arithmetische Reihe bilden, so wird $\mu - \pi$ sich von $\varphi - \mu$ nur sehr wenig unterscheiden, so daß man für einen positiven und negativen Luftstrom dieselbe Tabelle benutzen kann. Ferner wird aus demselben Grunde $\mu - \pi$ mit n ziemlich genau proportional seyn, so daß es erlaubt ist anzunehmen, eine p mal so große Veränderung des Ausschlagswinkels werde durch einen p mal so großen Luftstrom bewirkt ¹⁾).

Man gelangt also zur Aufstellung der Tabelle III, wenn man durch die Formel für l zuerst ausfindig macht, wie groß der Luftstrom seyn muß, welcher den Ausschlagswinkel um einen Grad modificirt, und daraus durch eine einfache Proportion aufsucht, wie groß die Modification dieses Winkels durch einen Strom von 1° Torsionsstärke aus-

1) Es gehört z. B. ein Luftstrom von $1^\circ,55$ Torsionskraft dazu, um den Ausschlagswinkel von 10° um einen Grad zu verändern. Nach obigem Schlusse müßte ein Strom von $4.1,55$ also von $6^\circ,1$ diesen Winkel um 4° verändern. In der That gehört aber dazu nur ein Strom von $6^\circ,02$. Hier bleibt jedoch der durch das Correctionsverfahren entstehende Fehler innerhalb der Grenzen der sonstigen unvermeidlichen Beobachtungsfehler, wobei noch zu bemerken ist, daß bei einem gut eingerichteten Instrumente ein Luftstrom von 6° schon zu den unter ungünstigen Umständen eintretenden gehört

ausfallen werde. Die letztere GröÙe ist in der Tabelle III (§. 11) für alle Ausschlagswinkel von 1° bis 80° gegeben, wobei ich zugleich bemerke, daß diese Tafel nach meinen Erfahrungen, so wie sie da ist, für alle Dellmann'schen Elektrometer angewendet werden kann, wenn nur das Streifen in seiner Gestalt nicht gar zu sehr von dem in §. 2 beschriebenen abweicht.

Vinkel in Graden.	Tab. I.	Tab. II.	Tab. III.	Vinkel in Graden	Tab. I.	Tab. II.	Tab. III.
1	214,2	0,22	0,81	41	19,87	4,54	0,36
2	199,1	0,32	0,78	42	19,03	4,70	0,35
3	174,9	0,41	0,75	43	18,22	4,86	0,35
4	161,6	0,50	0,73	44	17,45	5,02	0,34
5	149,2	0,58	0,71	45	16,71	5,19	0,34
6	137,7	0,66	0,69	46	16,00	5,36	0,34
7	127,1	0,75	0,67	47	15,32	5,54	0,33
8	117,3	0,83	0,65	48	14,67	5,72	0,33
9	108,3	0,91	0,63	49	14,05	5,91	0,32
10	100	1,00	0,61	50	13,45	6,10	0,32
11	93,79	1,08	0,60	51	12,88	6,29	0,32
12	87,97	1,17	0,59	52	12,33	6,49	0,31
13	82,50	1,25	0,57	53	11,80	6,70	0,31
14	77,38	1,34	0,56	54	11,30	6,91	0,30
15	72,58	1,44	0,55	55	10,82	7,13	0,30
16	68,07	1,53	0,54	56	10,34	7,35	0,30
17	63,84	1,63	0,53	57	9,92	7,58	0,29
18	59,88	1,73	0,52	58	9,49	7,82	0,29
19	56,16	1,84	0,51	59	9,09	8,06	0,28
20	52,68	1,94	0,50	60	8,70	8,30	0,28
21	50,14	2,04	0,49	61	8,29	8,58	0,27
22	47,72	2,15	0,48	62	7,91	8,85	0,27
23	45,42	2,25	0,48	63	7,53	9,14	0,26
24	43,23	2,36	0,47	64	7,18	9,44	0,26
25	41,14	2,46	0,46	65	6,85	9,74	0,25
26	39,16	2,58	0,45	66	6,53	10,05	0,24
27	37,27	2,69	0,44	67	6,22	10,38	0,23
28	35,47	2,81	0,44	68	5,93	10,71	0,23
29	33,76	2,93	0,43	69	5,65	11,05	0,22
30	32,13	3,06	0,42	70	5,39	11,40	0,21
31	30,76	3,17	0,41	71	4,97	11,96	0,20
32	29,44	3,30	0,41	72	4,58	12,54	0,19
33	28,18	3,42	0,40	73	4,22	13,16	0,17
34	26,98	3,55	0,40	74	3,89	13,80	0,15
35	25,82	3,68	0,39	75	3,58	14,47	0,14
36	24,72	3,82	0,38	76	3,30	15,18	0,12
37	23,66	3,95	0,38	77	3,04	15,91	0,10
38	22,65	4,09	0,37	78	2,80	16,69	0,08
39	21,68	4,21	0,37	79	2,58	17,49	0,06
40	20,76	4,39	0,36	80	2,38	18,33	0,03

Diese Tabellen, obschon sie sich speciell auf ein bestimmtes von mir gebrauchtes Instrument beziehen, und zwar dasjenige, welches im §. 2 beschrieben ist, habe ich deswegen vollständig mitgetheilt, weil es für denjenigen, welcher sie selbst aufstellen will, von Interesse seyn dürfte, seine Resultate mit den meinigen zu vergleichen. In sofern der Fuß des Streifchens und der Ausschnitt in demselben von Einfluß sind, werden verschiedene Tabellen zu verschiedenen Instrumenten auch kleine Verschiedenheiten zeigen. Dafs diese jedoch nur unbedeutend seyn werden, ergibt sich aus folgendem Factum. Ich hatte ein Instrument so construirt, dafs das Streifchen nicht in seiner Mitte von Schelllacksäulen getragen wurde, sondern an einem Ende rechtwinklig aufgebogen war, so dafs eine Zoll lange metallische Fortsetzung desselben zur Befestigung an einer isolirenden Lackstange diente. Außerdem war dieses Streifchen um mehrere Linien länger als der Waagebalken. Bei dieser Einrichtung nahm die abstofsende Kraft desselben Elektrizitätsquantums mit der Vergrößerung des Winkels nicht so schnell ab, als bei dem anderen Instrumente, wie aus der hier theilweise mitgetheilten Tabelle I zu ersehen ist. Diese weicht am meisten von der oben gegebenen Tabelle ab, während die Tabelle II wegen der Art, wie sie aus der ersten abgeleitet wird, für kleinere Winkel schon viel besser, und die dritte überall noch besser stimmt. Folgendes sind einige Zahlen aus den Tabellen für dieses Instrument:

Winkel.	Tab. I.	Tab. II.	Tab. III.	Winkel.	Tab. I.	Tab. II.	Tab. III.
5	140	0,60	0,75	40	24,4	4,00	0,40
10	100	1,00	0,64	50	16,5	5,50	0,34
20	56,7	1,88	0,52	60	10,4	7,59	0,27
30	35,9	2,89	0,46	70	6,9	10,07	0,17

Erwägt man, wie sehr verschieden hier die beiden Streifchen construirt waren, so wird man gewifs der Behauptung beipflichten, dafs man für alle Instrumente, welche nach denselben Dimensionen construirt sind, auch wenn abso-

lute Gleichheit dieser Dimensionen nicht erreicht ist, wahrscheinlich dieselben Tabellen werde gebrauchen können, so daß es, falls diese Art von Instrumenten sich verbreiten sollte, sehr der Mühe werth wäre, die Fehler auszumerzen, welche den oben mitgetheilten Tabellen sicher noch ankleben. Man sieht übrigens aus den Zahlen, welche für das an seinem Ende aufgebogene Streifchen galten, daß man zur Steigerung der Empfindlichkeit ganz vortheilhaft die Enden des Streifchens mit größeren Scheiben versehen könne, wie das denn auch beim Waagebalken von bedeutendem Erfolge begleitet ist. Während aber dadurch nach einer Richtung hin das Instrument verbessert wird, verliert es an Brauchbarkeit in anderer Beziehung.

Die bei den Vorversuchen zur Aufstellung der Tabelle I begangenen Beobachtungsfehler rächen sich nur wenig bei der Tabelle II wegen der Art der Berechnung dieser letzteren, so daß man nicht gar zu ängstlich bei der Construction der ersten Tabelle zu seyn braucht. Rücksichtlich dieser Vorversuche will ich aber noch Folgendes bemerken.

Man findet, wenn man durch Vermehrung der Torsion den Winkel zwischen Streifchen und Waagebalken auf einige Grade gebracht hat, daß dann schon geringen Vermehrungen derselben der Waagebalken folgt, ja daß er vom dritten oder zweiten Grade ab sich von selbst langsam an das Streifchen anlegt. Der Grund liegt in dem Ausschnitte, dem Fusse und der Seitenbiegung des Streifchens, und bedarf wohl keiner weiteren Erklärung. Da aber so unterhalb 5° die Aufstellung der Tabelle I ganz unsicher wird, wird es die der übrigen Tabellen zugleich mit, und schon aus diesem Grunde kann man das Instrument nicht gut mehr anwenden, wenn die zu prüfende Elektrizität nicht mindestens einen Ausschlagswinkel von 4 bis 5 Grad hervorbringt.

Die elektrischen Quantitäten in der Tabelle II wachsen mit den Ausschlagswinkeln zuletzt ungemein rasch, und zwar so rasch, daß die Mangelhaftigkeit im genauen Ablesen des

Winkels zu Beobachtungsfehlern führt, welche für manche Zwecke zu groß sind. Zwischen 80° und 90° müssen die Zahlen der Tabelle II von 18,33 bis ∞ anwachsen, so daß das Instrument zur Bestimmung solcher Elektricitätsmengen, welche einen Ausschlagswinkel von über $80''$ hervorbringen, abermals nicht geeignet erscheint. Hier kann man sich aber helfen, denn es ist ein Leichtes, die Tabelle II ebenfalls für solche Messungen aufzustellen, bei denen man den Zeiger nicht auf Null, sondern immer z. B. auf $90''$, $180''$ oder $360''$ weiter stellt, so daß beim Ausschlagswinkel m'' z. B. die Torsion $180 + m''$ herrscht, ein Verfahren, durch welches, sobald überhaupt die Ausschlagswinkel eine Größe von $60'$ bis $70'$ überschreiten, an Genauigkeit gewonnen wird.

Bei der Aufstellung der Tabelle III rächen sich die kleinen Fehler der Tabelle I, welche durch die Art der Interpolation herbeigeführt sind, nicht unbeträchtlich. Die oben mitgetheilte Tabelle ist durch ein weitläufigeres Verfahren dieser Rache ziemlich entzogen.

Daß übrigens alle drei Tafeln nach denselben Principien aufgestellt werden können, wenn das Streifchen nicht beweglich ist, die Mittheilung der Elektricität also nur geschehen kann, während der Waagebalken am Streifchen auliegt, bedarf wohl keines Beweises.

§. 12. Die galvanische Kette.

Bevor weiter über mögliche Anwendungen des Apparats gesprochen wird, möchte es nicht unzweckmäßig seyn, die Erfahrungen mitzutheilen, welche mich zu dem Glauben veranlassen, daß die elektroskopische Kraft der Säule zu einem brauchbaren Maasse für Reibungselektricität benutzt werden könne. Diese Erfahrungen bestehen in Folgendem.

- a) Zusammengelöthete Streifen von Kupfer und Zink waren reihenweise isolirt an Stäben befestigt, und tauchten in Gläschen mit destillirtem Wasser. Der eine Pol war gut abgeleitet, und die Elektricität des andern ward in der §. 5, 1a bezeichneten Weise wäh-

rend eines Zeitraums von vier Wochen öfters geprüft, indem die Säule beständig eingetaucht blieb. Bis auf 1° Schwankung stellten sich in der ersten Woche immer dieselben Ausschlagswinkel von 52° bis 53° heraus und nahmen dann allmählig ab, so daß sie am Ende der Zeit nur noch 46° betrugen. Dabei hatte sich zuletzt das Zink dick mit dem Oxydul überzogen, und die Säule gab alsbald ihren ersten Ausschlagswinkel wieder, als die Enden der Metalle durch einen Feilstrich bloßgelegt wurden.

- b)* Wurde bis unmittelbar vor der Berührung des Zuleitungsdrahtes auch der freie Pol der Säule ableitend berührt, so war der Ausschlagswinkel bedeutend kleiner, ein Zeichen der schlechten Elektricitätsleitung durch das Wasser. Nach ganz kurzer Zeit war natürlich die ursprüngliche Spannung wieder da, doch geht daraus hervor, daß die Feuchtigkeit der Luft einen geringen Einfluß auf die Spannung besitzen könne.
- c)* Die Säule ward, statt in Wasser, in verdünnte Salpetersäure (etwa $\frac{1}{20}$ concentr. Säure) gesetzt. Der anfängliche Ausschlagswinkel von 52° verringerte sich in drei Stunden bis auf 46, stellte sich aber fast vollkommen wieder her, als die Metalle an ihren Enden mit einem Feilstrich versehen wurden. Die Wiederholung des Versuches *b* zeigte sehr deutlich die bessere Leitungsfähigkeit der Flüssigkeit.
- d)* In Wasser mit $\frac{1}{50}$ concentrirter Schwefelsäure gab die Säule ebenfalls den Ausschlag von 52°, welcher sich wie vorhin allmählig, doch langsamer verminderte, so daß er nach einer Stunde noch 50°,3 betrug. Bei beiden Versuchen mit den verdünnten Säuren war die Verminderung der elektrischen Spannung kurz nach dem Eintauchen am bedeutendsten.

Aus diesen Versuchen scheint hervorzugehen, daß es möglich seyn müsse, Säulen zu construiren, welche aller Orten dieselbe oder fast dieselbe elektroskopische Kraft besitzen, daß aber zu diesem Zwecke verdünnte Säuren sich

weniger eignen als destillirtes Wasser, weil die Berührung zwischen der Flüssigkeit und dem Metalle das Resultat beim Wasser weit langsamer modificirt als bei den Säuren, welche die Oberfläche der Metalle schnell verändern.

§. 13. Gemeinsames Maafs für Elektrometer.

Bei allen Elektrometern, welche neben einander, namentlich aber, welche an verschiedenen Orten gebraucht werden, liegt der Wunsch sehr nahe, sie rücksichtlich ihrer Angaben vergleichen zu können. Die Empfindlichkeit zweier Elektrometer ist nun eine ganz verschiedene je nach der Art der Prüfung, wie sich oben bei der Vergleichung des Dellmann'schen Apparats mit der Coulomb'schen Drehwaage ergeben hat. Soll also die Empfindlichkeit eines Instruments angegeben werden, so muß dieß in doppelter Rücksicht geschehen, ein Mal, wie groß seine Angabe ausfällt, wenn ihm Elektrizität von einer bestimmten Spannung, aber in unbegrenzter Quantität geboten wird, von welcher es, wie vom Pole einer Säule, gleichsam gesättigt wird; das andere Mal, welche Bewegung es vornimmt, wenn das mitgetheilte Quantum eine ganz bestimmte Größe hat.

Der Dellmann'sche Apparat erfordert dieselbe Rücksicht. Zwei solche Instrumente können gleiche Ausschlagswinkel geben, wenn der Pol derselben Säule mit dem Zuleitungsdrahte verbunden wird, während sie sich ganz verschieden gegen mitgetheilte gleiche Quantitäten verhalten, je nachdem der Zuleitungsdraht bei beiden eine verschieden große Oberfläche hat, oder das ihn einschließende Röhrchen in einen durch Rückbindung einen größeren Theil der Elektrizität fesselt als im andern. Wollte man z. B. diese Instrumente in der Art, wie Romershausen sinnreich angiebt ¹⁾, zur Beobachtung der Lufterlektrizität anwenden, so würde die Vergleichung durch Verbindung des Zuleitungsdrahtes mit dem Pole der Säule geschehen müssen; wollte man aber die Cavallo'sche Methode benutzen, welche am Ende doch zu genauen quantitativen Bestimmungen *die geeignetste* seyn dürfte, so müssen wir die Instrumente

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 69.

rücksichtlich des Ausschlags vergleichen, den sie bei gleichen mitgetheilten Elektrizitätsmengen geben.

Zu letzterem Zwecke könnte man nun die oben gewünschte, überall mit gleicher Spannung versehene, galvanische Combination benutzen. Eine solche würde auf einer Kugel von bestimmter Dimension (Maafskugel) immer dasselbe Elektrizitätsquantum aufhäufen, wenn man mit dieser einen bestimmten Polardraht in bestimmter Weise berührte, wobei jedoch über die Art der Isolirung und den Schutz der Kugel gegen den Einfluss in der Nähe befindlicher, durch Bindung einwirkender Körper, ebenfalls das Nöthige festgesetzt seyn müßte. Hätte man sich über die Säule und alle übrigen Umstände geeinigt, so würde man zweckmäfsig das elektrische Quantum, welches von einem Elemente der Säule auf der Maafskugel aufgehäuft wird, zur Einheit der Quantität und die damit verbundene Dichtigkeit derselben zur Einheit der Dichtigkeit annehmen. Würden dann beim Dellmann'schen Apparate p Elemente durch Uebertragung mit der Kugel einen Ausschlagswinkel hervorbringen, welchem in der Tabelle II die Zahl z entspräche, so würde man nur mit $\frac{p}{z}$ alle Zahlen dieser Tabelle zu multipliciren

brauchen, um eine neue Tabelle zu bekommen, welche, sobald die Maafskugel als Ueberträger angewendet wird, die Quantität der auf ihr befindlichen Elektrizität unmittelbar in der vorgeschriebenen Einheit ausdrückt.

Es könnte aber unter manchen Umständen, und namentlich dann, wenn man verschiedene Ueberträger anwenden will, geeignet erscheinen, die Tabelle II so umzuformen, daß sie die Elektrizitätsmenge, welche wirklich in den Apparat getreten ist, unmittelbar in der als Einheit festgesetzten Quantität ausdrückt. Dazu dient folgende Betrachtung.

§. 14. Theilung der Elektrizität zwischen einem Ueberträger und dem Apparate.

Da bei meiner Einrichtung des Dellmann'schen Apparats der Zuleitungsdraht, das Streifchen und der Waagebalken *beliebig mit einander in Berührung gebracht* und von ein-

ander getrennt werden können, so hält es nicht schwer das Verhältniß auszumitteln, in welchem die Elektricität zwischen einem Ueberträger, z. B. der Maafskugel, und dem Apparate sich theilt, ja auch in welchen Verhältnissen die Quantitäten in den einzelnen Theilen des Apparates sich befinden. Es lassen sich namentlich zu ersterem Zwecke verschiedene Methoden benutzen, welche alle nur mit leichten Rechnungen verknüpft sind, und von denen eine hier Platz finden möge.

Das Verhältniß, in welchem sich die Elektricität zwischen der als Ueberträger benutzten Kugel und dem Apparate theilt, sey das von m zu n . Dieses Verhältniß wird dasselbe seyn bei jedem mitgetheilten Elektricitätsquantum. Treibt nun eine in ihrer elektroskopischen Kraft recht constante Säule das elektrische Quantum q auf die Kugel, so wird nach der Berührung des Zuleitungsdrahtes noch das

Quantum $\frac{q \cdot m}{m+n}$ auf der Kugel sich befinden. Dem hier-

bei entstandenen Ausschlagswinkel entspreche die Zahl z der Tabelle II. Ueberträgt man, ohne den Apparat zu entladen, wiederholt und rasch hinter einander die Elektricität der Säule durch die Kugel an den Zuleitungsdraht, so wird im Apparate bald so viele Elektricität aufgehäuft, daß von der Kugel so gut wie keine mehr auf ihn übergeht ¹⁾, also nach der Berührung des Zuleitungsdrahtes noch das Quantum q auf ihr sich befindet. Dem jetzt sich herausstellenden Ausschlagswinkel entspreche die Zahl Z der Tabelle II. Da nun:

$$\frac{q \cdot m}{m+n} : q = z : Z,$$

so ist:

$$\frac{m}{n} = \frac{z}{Z-z}.$$

1) Wäre z. B. die Kugel so klein, daß $\frac{m}{n} = \frac{1}{2}$, so würde doch nach 15-maligem Uebertragen nur noch $\frac{1}{435}$ von der Elektricität derselben auf den Apparat hinübertreten.

Diese Methode ist sehr sicher, sobald die Säule aus so vielen Elementen besteht, daß die Ausschlagswinkel groß genug werden, und z so wie Z aus dem Mittel einer hinreichenden Anzahl von Versuchen bestimmt sind. Ist $\frac{m}{n}$ einmal gefunden, so sieht man leicht, wie die am Ende des vorigen § gewünschte Umformung der Tabelle II zu bewerkstelligen ist. Man überträgt mittelst der Maafskugel die Elektrizität einer Säule von p Elementen an den Apparat; entspricht dem entstandenen Ausschlagswinkel die Zahl z der Tabelle II, so multiplicirt man alle ihre Zahlen mit $\frac{pn}{z(m+n)}$. — Es ist wohl noch nicht an der Zeit, bei diesen Punkten weiter zu verweilen, und mag das Ange-deutete genügen.

I. Nachtrag über die elastische Nachwirkung beim Cocon- und Glasfaden, und die hygroskopische Eigenschaft des ersteren.

§. 15.

Nachdem W. Weber ¹⁾ auf die elastische Nachwirkung bei den Seidenfäden aufmerksam gemacht hatte, konnte ihre Torsionskraft als Maafs einer anderen Kraft nur mit Mißtrauen benutzt werden. Weber hat diese Nachwirkung zunächst an longitudinal gespannten Fäden gemessen, dann auf ihr Vorhandenseyn bei Torsionen hingewiesen. Es liefs sich daher vermuthen, daß selbst bei einem Faden von 8 bis 12 Zoll Länge eine geringere, aber etwas länger dauernde Torsion von erheblichem Einflusse seyn werde, in der Art, daß ein am Faden hängender Körper seine frühere Lage erst nach einiger Zeit wieder einnimmt. Der Dellmann'sche Apparat, wenn er frei von Luftströmungen ist, eignet sich dazu, diese Vermuthung zu bestätigen. Man legt zu dem Ende den Waagebalken an das Streifchen, und läfst nun eine beliebige Torsion eintreten und einige Zeit andauern. Hebt man dann die Torsion auf,

1) Götting. gel. Anz., 1835, St. 8. — Poggend. Ann., Bd. 34, S. 247.

so sieht man bei gleichem Stande des Zeigers jetzt einen größeren Winkel zwischen Waagebalken und Streifchen, als vor der Torsion geherrscht hatte, sieht aber auch, wie dieser Winkel sich anfangs rascher, zuletzt ungemein langsam seiner früheren Gröfse nähert. Bei einem Faden von 8 Zoll Länge reichte eine Torsion von $40''$, welche einige Minuten bestehen blieb, hin, eine Differenz von mehreren Graden im Stande des Waagebalkens herbeizuführen. Als $1080''$ Torsion während 10 Minuten gewirkt hatten, stellte sich nach Wiederherstellung des vorigen Zustandes der Waagebalken um $60''$ anders, wendete sich dann natürlich alsbald seiner früheren Stellung zu, doch verging, bevor er sie erreichte, eine beträchtliche Zeit; es betrug nämlich die Differenz von dem früheren Stande nach 2, 7, 16, 30 und 45 Minuten noch bezüglich 37, 18, 9, 5 und 4 Grad. Sobald wir also einer starken oder länger dauernden Torsion des Fadens zur Messung irgend einer abstoßenden oder anziehenden Kraft bedürfen, können wir uns des Coconfadens nicht bedienen, wenn es auf Genauigkeit der Resultate ankommt, weil wir nicht wissen, wie viel von der scheinbar angewandten Torsion auf Rechnung der elastischen Nachwirkung zu bringen, also zu subtrahiren ist. Durch Versuche in der bezeichneten Weise läßt sich dies schwer ermitteln, weil zwischen dem Augenblicke, wo die Torsion aufgehoben, und demjenigen, wo nun zuerst beobachtet wird, immer einige Zeit verstreicht, gerade die, während welcher der Faden am eifrigsten seinem natürlichen Zustande wieder sich nähert.

Um also eine Anwendung auf unser Elektrometer zu machen, so taugt der Coconfaden nicht dazu, die Tabelle I des §. 8 zu bestimmen. Sollte indessen diese Tabelle für ein bestimmtes Instrument durch Anwendung eines Glasfadens gefunden seyn, so würde man jetzt, ohne sehr erhebliche Fehler befürchten zu müssen, zur Vermehrung der Empfindlichkeit den Glasfaden mit einem Coconfaden vertauschen können.

Es wird dann freilich die im folgenden §. bemerkte

Veränderlichkeit des Ladens einige Unbequemlichkeiten nach sich ziehen, indem die Richtung des frei am Faden hängenden Waagebalkens sich häufig verändert, so daß sie auch ohne Luftströme nicht mit der des Zeigers übereinstimmt. Eine erhebliche Schwierigkeit liegt aber nicht darin. Eines theils könnte man durch das im §. 20 angegebene Verfahren den Stand des Zeigers reguliren, wenn die Differenz zu groß geworden wäre; andererseits würde man das Verfahren der Correction wegen der Luftströmungen ganz eben so anzuwenden berechtigt seyn, wenn der Waagebalken ohne Luftstrom in seinem Stande mit dem des Zeigers nicht correspondirt, als wenn die Differenz ihrer Stände von Luftbewegung herrührt, nur dürfte dieselbe nicht zu groß geworden seyn, weil sonst die kleinen Rechnungsungenauigkeiten, welche mit jener Correctionsmethode verbunden sind, über das Maass der sonstigen Beobachtungsfehler hinausgehen würden.

Einen Coconfaden statt des Glasfadens anzuwenden, wird indessen nur dann von Nutzen seyn, wenn man ganz besondere Vorkehrungen gegen die Luftströme getroffen, z. B. den ganzen Apparat mit einer mehrere Zoll dicken Wasserschicht umgeben hat (§. 22). Bei der im §. 2 angegebenen Construction des Instrumentes sind die Luftströmungen immer noch von solcher Erheblichkeit, daß man einen längeren Coconfaden nur unter den günstigsten Umständen gebrauchen könnte, und die Torsionskraft eines 2 Fuß langen Glasfadens von äußerster Feinheit besser mit ihnen harmonirt.

§. 16.

Beim Glase finden wir übrigens die elastische Nachwirkung ganz in derselben Weise wieder wie beim Seidenfaden, nur in viel geringerem Grade. Da meine Versuche über diesen Gegenstand bloß vorläufig gewesen sind und zu keinen ganz bestimmten Zahlengesetzen geführt haben, gebe ich nur einige Beispiele, um die Brauchbarkeit des Glasfadens zu den Elektrometern darzuthun. Sie beziehen sich auf einen Faden von nur 4 Zoll Länge und einer ziem-

lichen Stärke, woraus zu entnehmen ist, daß die Resultate bei einem laugen und feinen Faden viel geringer ausgefallen seyn würden.

- a) Eine Torsion von 360 Grad brachte in einer Minute eine Drehung des Fadens hervor, welche $0^{\circ},5$ betrug, und sich in etwa 3 Minuten verlor. Derselben Torsion, wenn sie 4, 16 und 480 Minuten belassen wurde, entsprachen Drehungen von $1^{\circ},8$ — 3° und 6° . Diese verloren sich in beziehungsweise 13, 105 und 720 Minuten.
- b) Wurde 2 Minuten lang eine Torsion von 720° , das andere Mal von 1440° angewendet, so bestand die Wirkung in $2^{\circ},3$ und $4^{\circ},7$, und verlor sich in 40 und 96 Minuten.

Die Wiederherstellung des früheren Zustandes erfolgt überhaupt am raschesten gleich nach Aufhebung der Torsion, sehr langsam, wenn die alte Lage fast erreicht ist.

§. 17.

Bei dem Coconfaden, welchen die Raupe aus zwei runden Fäden zusammenklebt und in vielen unregelmäßigen Windungen um sich herumwickelt, sehen wir, wie die beiden Fäden bald mehr, bald weniger um einander gedreht sind, bald auch streckenweise parallel laufen, und wie die sie verbindende und einhüllende Substanz aus Leim, Eiweiß und harzigen Theilen bald dünner, bald dicker sie überzieht, ja kleine Knötchen und Unebenheiten bildet, so daß das Ganze als ein aus zwei Theilen unregelmäßig gedrehter und zusammengeleimter Faden zu betrachten ist. Hängt an einem solchen Faden ein Gewicht, so werden schwerlich seine beiden Theile in gleicher Weise gespannt werden; je nach den Umständen wird an der einen Stelle der eine mehr tragen, an der anderen der andere, während diese Ungleichheit durch die Festigkeit der Hülle ausgeglichen wird. Dadurch kann durch das anspannende Gewicht auf diese Hülle an den einzelnen Stellen, wo die Fäden sich umeinanderwinden, eine drehende Kraft ausgeübt wer-

1, welche je nach der Gröfse des Gewichts einen durch Festigkeit der Hülle bedingten Grad der Torsion wirken herbeiführt. Dieser Grad der Torsion muß sich dann ändern, wenn die Festigkeit der Hülle sich ändert, und wird der Fall seyn, wenn Feuchtigkeit Einfluß auf diese Festigkeit besitzen sollte.

Wirklich bemerkt man nicht nur an frisch in einen getrockneten Apparat gebrachten Fäden solche allmählig und langsame erfolgende Veränderungen eines anhängenden Körpers, B. des Waagebalkens in einem Dellmann'schen Apparat, sondern nach Monaten noch machen sie sich bemerklich. Ein allgemeines Gesetz aber giebt es nicht darüber, da die Bewegung an die individuelle Structur des bestimmten Fadens anknüpft erscheint. Befestigt man in einem langen, hermetisch zu verschließenden Glase einen Faden, welcher unten eine leichte, mit Marken versehene Kugel trägt, und taucht man dieses Glas in ein größeres Gefäß mit Wasser, welches durch eine untergestellte Weingeistflamme zu erwärmt ist, so kann man sich von der hygroskopischen Natur des Coconfadens leicht überzeugen. Einige Resultate dieser Versuche theile ich hier mit.

- a) Ist das Glas, in welchem der Faden hängt, lufttrocken, so stellt sich meist bei Erwärmung des Wassers eine allmähliche Drehung der am Faden hängenden Kugel ein, welche zuweilen mehrere ganze Umdrehungen derselben beträgt. Beim Sinken der Temperatur beobachtet man fast immer Rückdrehungen, wenn auch geringere.
- b) Bringt man Schwefelsäure auf den Boden des Gefäßes, so erfolgen die Rückdrehungen beim Erkalten des Wassers nicht, vielmehr pflegt die Drehung in demselben Sinne, doch sehr langsam, fortzuschreiten. Nimmt man nun das Glas vorsichtig aus dem Wasser, und bringt statt der Schwefelsäure einige Tropfen Wasser hinein, so entsteht eine Rückdrehung, welche bei Zunahme der Temperatur rasch wächst. In diesem Falle sah ich einmal die Kugel in Zeit

von einer Viertelstunde an einem 4 Zoll langen Faden acht Umdrehungen machen.

c) Verschiedene Fäden von demselben Cocon verursachen zuweilen unter gleichen Umständen Drehungen in entgegengesetztem Sinne; auch zeigen sich dieselben Umstände, wenn solche Fäden angewendet werden, welche durch Zerspaltung eines Coconfadens in seine beiden Theile entstanden, von dem Ueberzuge aber nicht befreit sind ¹⁾).

d) Kocht man den Coconfaden in Seifenwasser, so befreit man ihn von der einhüllenden Substanz, und theilt ihn dadurch von selbst in seine beiden Hälften. Bei einem der so präparirten Fäden konnte ich durchaus keine Veränderungen im Stande der anhängenden Kugel beobachten, es mochte Schwefelsäure oder Wasser in dem Gefäße seyn; bei einem andern aber zeigten sie sich. Hier war Schwefelsäure im inneren Gefäße, und das aussen befindliche Wasser bloß der Lufttemperatur ausgesetzt. Noch nach einem Monate dauerte die Bewegung fort, welche täglich in demselben Sinne einige Grade ausmachte. Vielleicht war dieser Faden nicht vollständig von den einhüllenden Substanzen befreit. Uebrigens bemerke ich auch, daß die so gereinigten Fäden auch die Eigenschaft der elastischen Nachwirkung meist in viel geringerem Grade besitzen als der rohe Coconfaden.

II. Nachtrag über die Luftströmungen in geschlossenen Gefäßen.

§. 18.

Die hinreichend bekannten Luftströmungen in geschlossenen Gefäßen treten mehrfach dem Gebrauche der Drehwaage hindernd entgegen, so daß ich mich viel mit ihnen beschäftigen mußte. Dieser Umstand mag es entschuldigen, wenn ich über sie einige Erfahrungen mittheile, in der Hoff-

1) Man weicht sie vor dem Zerspalten einen Augenblick in destillirtem Wasser ein.

g, daß vielleicht einem oder dem andern Physiker mit n gedient sey.

Die Ursache der Bewegung der Luft in einem geschloss- en Gefäße ist natürlich nur die Verschiedenheit der Tem- tur in den einzelnen Theilen desselben. Danach ist auch Natur der Bewegung im Wesentlichen durch die Schwere ingt, d. h. die Luft circulirt in lothrecht stehenden Ebc- . Die Ursachen der ungleichen Temperatur der einge- ossenen Luft, und davon abhängig, die Natur der je- naligen Bewegung können aber verschiedener Art seyn.

) Werden die Seitenwandungen eines cylinderartigen Ge- fäßes, denn solche wollen wir uns hier denken, mit flachem Boden und Deckel, in ganz symmetrischer Weise erwärmt, z. B. durch Veränderung der Luft- temperatur aufsen, oder erkalten sie symmetrisch, so erfolgen auch symmetrische Strömungen, d. h. solche, bei welchen der mehr horizontale Weg der Luft von den Seitenwandungen nach der Axe des Gefäßes und umgekehrt gerichtet ist. Bei solchen Bewegungen kann von einer drehenden Wirkung auf einen in der Axe aufgehängten einarmigen oder zweiarmigen Hebel keine Rede seyn, eben so wenig als wenn der ganze Bo- den oder seine Mitte allein erwärmt, oder als wenn der ganze Deckel oder seine Mitte allein kälter ge- macht würde.

) Haben aber die Seitenwandungen dauernd eine ver- schiedene Temperatur, — oder erfolgt die Aende- rung der Wärme in den Wänden nicht vollkommen symmetrisch, — oder, wenn dieses auch, befindet sich im Innern außerhalb der Axe des Gefäßes ein Körper von einiger Erheblichkeit, so erfolgen Strö- mungen, welche im Allgemeinen den Charakter ha- ben, daß sie auf einen in der Mitte hängenden, nicht mit ihrer Richtung übereinstimmenden einarmigen He- bel immer, auf einen gleicharmigen doppelten mei- stentheils drehend wirken. Ganz allgemein ausge- drückt, wird die lothrechte Ebene der stärksten Strö

mung durch den wärmsten und kältesten Punkt des Gefäßes gerichtet seyn, wie aber im Einzelnen die Bewegung überall sich gestaltet und wie viel von der eingeschlossenen Luft in sie hineingezogen wird, hängt von der Form des Gefäßes und der Lage der ungleich erwärmten Stellen ab.

Ein Fall, wo die Seitenwandungen beständig ungleiche Temperatur besitzen, ist der, wenn es von Glas und unter Verhältnissen aufgestellt ist, wo die Wärmestrahlung nicht durchaus genau nach allen Seiten dieselbe ist. Dieses ist nun aber weder im Freien noch im Zimmer jemals der Fall. Namentlich in letzterem werden regelmäfsig nach den Fenstern und nach dem Innern der Stube hin, meist also nach gerade entgegengesetzten Richtungen, ungleiche Strahlungsverhältnisse herrschen. In diesem Falle sind die Vorgänge sehr complicirter Art. Die Gröfse der Einstrahlung von Wärme auf der wärmeren und der Ausstrahlung auf der kälteren Seite werden abhängig seyn von dem Verhältnifs der Temperatur der umgebenden strahlenden Körper zur Gesamttemperatur der Glaswände, oder was meist dasselbe seyn wird, der das Glas umgebenden Luft. Mögen diese Verhältnisse aber auch seyn, welche sie wollen, immer wird die der wärmeren Gegend zugewendete Seite des Glases wärmer seyn als die andere, entweder weil sie weniger Wärme ausstrahlt, oder weil sie mehr eingestrahlte Wärme absorhirt, indem nach der thermanen Natur des Glases die von ihr durchgelassenen Strahlen ebenfalls die entgegengesetzte Glaswand größtentheils durchdringen. Dabei werden die seitlich liegenden Wände mehr indifferent bleiben, wegen der mit der Gröfse der Winkel wachsenden Reflexion der Wärme.

Stellt man ein solches Glas zwischen den geheizten Ofen und ein Fenster, von beiden in gehöriger Entfernung, so kann man durch vorsichtiges Einbringen kleiner Tabackswolken die Bewegung der Luft sehr gut beobachten ¹⁾. Man sieht

1) Man führt durch die durchbohrte Glaswand vorsichtig ein dünnes Glasrohr, in welches man recht dichten Tabacksrauch geblasen hat, und schiebt

sieht da bei einem cylindrischen Gefäße wie die Bewegung der Luft in aufrechtstehenden Rechtecken erfolgt, nach der Mitte zu mehr in runden Linien; wie alle diese Bahnen mehr oder weniger parallel neben einander liegen, so daß die seitlichen Rechtecke immer schmaler werden; wie die Luft in den größten Rechtecken am schnellsten sich bewegt, je nach den Wärmeverhältnissen in einem gewöhnlichen Wasserglase nach 10 bis 20 und mehr Secunden einen Kreislauf vollendend; wie endlich in der Mitte oder nahe bei ihr eine Stelle ist, welche an der Bewegung kaum wahrnehmbar Theil nimmt. Ueber und unter dieser Mitte haben wir also Bewegungen, welche die Windfahne in entgegengesetzte Richtungen stellen würden.

Luftbewegungen in dem hier allgemein bezeichneten Charakter werden auch in den beiden anderen Fällen eintreten. Hätte man durch irgend welche Vorsichtsmafsregeln die Ungleichheit der Einwirkung von strahlender Wärme vermieden, es wäre aber das Gefäß in der Art construiert, daß seine seitlichen Wandungen an Temperaturänderungen der äufseren Luft nicht symmetrisch Antheil nehmen, so würden ähnliche Strömungen entstehen. Ebenso, wenn im Innern aufserhalb der Axe ein Körper von einiger Erheblichkeit, namentlich aus einer Substanz von bedeutender specifischer Wärme bestehend, sich befände, oder wenn ein guter Wärmeleiter, z. B. ein Draht, durch eine schlechtleitende Wandung in das Innere des Gefäßes hineinragte. In beiden letzteren Fällen wird, auch bei symmetrischer Erwärmung oder Erkaltung der Gefäßswände zu einem Strome Veranlassung gegeben, welcher bei raschen Aenderungen der Temperatur zu einer besonderen Heftigkeit anwachsen kann.

§. 19.

Es entsteht nun die Frage, wie die Luftströmungen auf

in dem Rohre keinen nicht ganz anschliessenden Strickstock langsam vorwärts. Dadurch tritt eine kleine concentrirte Wolke in das Glas, deren Bewegung, auch wenn sie sich zu langen Fäden ausgezogen hat, man ziemlich lange beobachten kann.

einen doppelten Hebel von gleicher Beschaffenheit der Arme, welcher über oder unter der Mitte des Gefäßes in dessen Axe aufgehängt ist, drehend einwirken können. Wollten wir eine Windfahne, welche auf beiden Seiten der Axe, um welche sie sich dreht, ganz gleich wäre, einem regelmäßigen Winde aussetzen, so würden wir vergeblich auf ihre Bewegungen warten. Dafs in unserem Falle dennoch eine richtende Kraft sich zeigt, ist der Beweis, dafs die horizontal drehende Wirkung der Luftbewegung von der Mitte aus nach der Seite, wo der Strom hingeht, eine andere ist, als von der Seite, wo er herkommt. Schon bei den Beobachtungen mit Tabacksdampf bemerkt man, dafs der Rauch in der Regel beim Aufsteigen näher an der Glaswand ist und schneller sich bewegt, als beim Herabsteigen, und dafs damit verbunden die Stelle im Glase, welche an der Bewegung den wenigsten Antheil nimmt, aus der Mitte gerückt und näher an der warmen Seite liegt. Umgekehrt findet sie sich zuweilen näher an der kalten Seite, und es wird die Bedingung für die eine oder die andere dieser Erscheinungen wohl darin zu suchen seyn, auf welcher Seite die grölste Differenz zwischen der Temperatur der Glaswand und der eingeschlossenen Luft sich befindet, ob also die Bewegung mehr von der Erwärmung oder mehr von der Erkaltung an einer bestimmten Stelle herrührt, ebenfalls auch davon, wie weit der Breite nach auf den entgegengesetzten Seiten die ungleichen Temperaturen sich erstrecken.

Will man aber genauer für die einzelnen Stellungen der Hebelarme die richtende Kraft der Luftströmung erforschen, so muß man sie durch die Torsion eines Glasfadens, an welchem ein einarmiger Hebel ¹⁾ hängt, kennen zu lernen suchen.

§. 20.

Haben wir einen solchen Hebel in seinem Schwerpunkte an einen Glasfaden befestigt, welcher von der Drehungsaxe

1) Einen feinen Silberdraht läßt man, um das Gegengewicht am kurzen Arme zu bilden, am einen Ende in der Lampe zu einer Kugel zusammenlaufen.

eines über einem getheilten Kreise spielenden Zeigers getragen wird, während die Stellung des Hebels an einem anderen Kreise abgelesen werden kann, so ist uns die Lage, bei welcher er ohne Torsion des Fadens hängt, noch unbekannt, weil wir die Bewegung der Luft im Innern des Gefäßes nicht sehen, also nie wissen können, ob seine Richtung mit der des Stromes übereinstimmt, oder ob er von demselben gedreht sey. Um die Lage, in welcher er ohne Luftstrom hängen würde, kennen zu lernen, müssen wir den Zeiger nach und nach auf gleiche Winkel von der Gröſse $\frac{180''}{n}$ so lange fortrücken, bis er einen ganzen Umlauf gemacht hat, und zu gleicher Zeit die Stände des Hebels notiren. Haben sich während dieser Zeit die Wärmeverhältnisse nicht geändert, so werden die mit Punkten auf einer Kreislinie aufgetragenen Stellungen des Hebels gegen einen gewissen Durchmesser paarweise symmetrisch liegen. Dieser Durchmesser giebt die Richtung des Hauptstromes an. Die Symmetrie in den Ständen des Hebels zu beiden Seiten der Windrichtung ist fast immer sehr vollständig. Man ist dadurch zu dem Schlusse berechtigt, *daß das arithmetische Mittel aller Differenzen zwischen den Wänden von Hebel und Zeiger der Winkel sey, um welchen der Stand des Hebels von dem des Zeigers abweicht, wenn kein Luftstrom im Inneren des Gefäßes stattfindet.* Indem man nun den Zeiger auf seinem Träger um diesen Winkel dreht und dann wieder befestigt, hat man die Gewißheit erlangt, daß Hebel und Zeiger in ihren Richtungen genau übereinstimmen müssen, wenn keine Kraft drehend auf den ersteren wirkt.

Diese Methode, die Richtung des Hebels kennen zu lernen, welche ihm ohne Torsion des Fadens zukommt, ist durchaus brauchbar, wenn man die Winkel, um welche man den Zeiger dreht, nicht allzugroß nimmt, und die Wärmeverhältnisse, wofür man schon sorgen kann, nicht zu sehr schwanken. Betragen die Winkel etwa 20° und macht man mehrere solcher Drehungsreihen, so weichen die Mittel der

Differenzen, welche aus jeder Reihe gewonnen sind, in der Regel nicht um $0^{\circ},1$ von einander ab. Derselben Methode bedient man sich natürlich bei dem zweiarmigen Hebel, welcher im Elektrometer gebraucht wird, und zwar, sobald er nur vollkommen horizontal hängt, mit noch gröfserer Genauigkeit des Resultats.

§. 21.

Jetzt können wir die im Anfange des §. 20 aufgestellte Frage beantworten. Vergleicht man die Torsionen des Fadens, welche durch die Einwirkung des Luftstroms auf den einarmigen Hebel hervorgebracht sind, so sieht man, dafs diese Wirkungen meist bedeutender werden, wenn der Hebel mit der Richtung des Windes, wohin er weht, einen spitzen Winkel bildet, als wenn er denselben spitzen Winkel mit der Richtung macht, woher der Wind kommt; sehr selten zeigt es sich umgekehrt. Ist also der Hebel zweiarmig und steht er nicht rechtwinklig zur allgemeinen Strömungsrichtung, so wird auf den einen Arm ein stärkerer Druck ausgeübt, als auf den anderen, und somit tritt die Erscheinung ein, dafs ein zweiarmiger Hebel immer das Bestreben zeigt, sich in die Windrichtung zu stellen. Weicht er von ihr um 90° ab, so ist er gewissermafsen überschlägtig, so gut wie der einarmige, wenn er nach der Richtung zeigt, woher der Wind kommt, d. h. es wird bei sehr schwachem Faden und starkem Luftstrome schwer, die Torsion so zu reguliren, dafs diese Stände gerade eintreten.

§. 22.

Aus dem Vorigen werden sich die Mittel ergeben haben, ein Gefäfs so einzurichten, dafs man von den Luftströmungen möglichst wenig zu leiden habe.

- a) Man bringe den Waagebalken möglichst in der Mitte der Höhe des Gefäßes an.
- b) Man vermeide sorgfältig einen unsymmetrischen Bau desselben und hüte sich vor dem Anbringen von Körpern im Inneren ausserhalb der Axe, welche zu Strömungen Veranlassung geben können. Man vermeide **also** z. B. einen Draht von einiger Dicke durch die **Seitenwand** oder seitlich durch den Deckel einzuführen.

- c) Man bediene sich nicht gläserner Gefäße, wenn man nicht besondere Mafsregeln gegen die Wärmestrahlung vornehmen will. Solcher Vorkehrungen kenne ich nur eine einzige genügende. Es ist die, den ganzen Apparat mit einer mehrere Zoll dicken Wasserschicht zu umgeben, dazu aber noch, wenn man es mit directem oder auch nur stark reflectirtem Sonnenlichte zu thun hat, eine Metallkapsel über den ganzen Apparat zu stülpen, welche zwei Oeffnungen zum Beobachten hat. Fehlt dieser Metallhut, so wirkt das Sonnenlicht mit enormer Heftigkeit, da die Paar Zoll Wasser nicht vermögend sind, die Strahlen dieser hohen Wärmequelle zu absorbiren. Es ist interessant zu sehen, wie, trotz der Wasserhülle, der Waagebalken vom Sonnenlichte gerichtet wird, wie also, denn eine andere Wirkung ist nicht vorauszusetzen, die innere Seite des Glases, welches aufsen vom Wasser umspült wird, dennoch so stark sich erwärmt. — Ein so von Wasser umgebenes Elektrometer habe ich mit großem Nutzen gebraucht, und dabei von den Luftströmungen so wenig zu leiden gehabt, daß sie größtentheils ganz unbeachtet bleiben konnten. — Will man das Einschließen in Wasser vermeiden, so schützt eine bewegliche Metallkapsel mit Oeffnungen oder Röhrchen zum Beobachten schon ziemlich.
- d) Ganz brauchbar und zweckmäfsig rücksichtlich geringer Luftströmungen habe ich Gefäße gefunden, bei denen der Körper aus dickem Metall bestand, ein Deckel von Spiegelglas aber in der Mitte das den Faden einschließende Glasrohr trug. Ist der Bau eines solchen Gefäßes und die Art, wie im Inneren die Gegenstände angebracht sind, möglichst symmetrisch, und schützt man noch dazu durch einen breiten Blechring das Ganze, so kann man die Luftströmungen in den nöthigen Schranken erhalten. Auch hier muß man sich durch Schirme oder Rouleaux des directen oder stark reflectirten Sonnenlichts erwehren.
-

II. Ueber Ströme von Flaschensäulen (Cascadenströme); von H. W. Dove.

Eine große Anzahl elektrischer Wirkungen hängt nicht allein davon ab, wie viel positive und negative Elektricität überhaupt sich abgleicht, sondern auch davon, in welcher Zeit diese Abgleichung erfolgt. Dadurch ist unmittelbar ein doppeltes Verstärkungsprincip für diese Wirkungen gegeben, nämlich Vermehrung der Elektricitätsmenge bei gleichbleibender Entladungsdauer, oder Verminderung der Entladungsdauer bei gleichbleibender Elektricitätsmenge. Wie fruchtbar dieses letztere Princip in Beziehung auf Inductionselektricität sey, habe ich in früheren Abhandlungen (Untersuchungen im Gebiete der Inductionselektricität. Berlin 1842, b. Reimer) nachgewiesen. Die folgenden Untersuchungen zeigen, daß es auch in dem Gebiete der Reibungselektricität eine beachtenswerthe Anwendung findet.

Vier Batterien, jede von 1000 Quadratzoll innerer Belegung und bestehend aus fünf Flaschen, wurden auf vier Isolirschemel aufgestellt. Die gut mit Schelllack überfirnissten Glasfüße derselben waren 25 Zoll hoch bei 1 Zoll Durchmesser, an den mit Stanniol bekleideten kreisförmigen Platten derselben doppelt durchbohrte Drahtklemmen befestigt. Die Innenflächen dieser vier Batterien B_1, B_2, B_3, B_4 mögen mit i_1, i_2, i_3, i_4 bezeichnet werden, die Außenflächen mit a_1, a_2, a_3, a_4 . Die Innenfläche i_1 der ersten Batterie B_1 war mit dem Conductor einer kräftigen Elektrisirmaschine verbunden, die Außenfläche der letzten B_4 mit der inneren Belegung einer Lane'schen Maafsflasche, deren überspringende Funken die Elektricitätsmenge bestimmten. Die Batterien selbst waren unter einander stufenweise (*par cascade*) zu einem ganzen System, einer Flaschensäule ¹⁾ vereinigt, d. h. die Außenfläche jeder mit der inneren der

1) Wenn man die Combinationen galvanischer Elemente unter einander und elektrischer Flaschen unter einander consequent bezeichnen wollte:

folgenden, also a_1 mit i_2 , a_2 mit i_3 , a_3 mit i_4 , die Verbindungsdrähte von Kupfer, auch an den Innenflächen mit quer durchbohrten Drahtklemmen befestigt. Geschah nun mittelst des Ausladers die Entladung zwischen der äußeren Belegung a_4 der vierten Batterie und der inneren i_1 der ersten, so entstanden gleichzeitig in den getrennten Drähten vier Entladungsströme, nämlich einer im Schließungsbogen $i_1 a_4$ durch einen Funken vermittelt, und drei ohne Funkenbildung in den Verbindungsdrähten $a_1 i_2$, $a_2 i_3$, $a_3 i_4$. Bei dem darauf folgenden Versuch wurde, nachdem aus a_4 dieselbe Funkenzahl an der Maafsflasche erhalten worden, die Verbindung der dritten und vierten Batterie zwischen a_3 und i_4 aufgehoben, und nun a_3 durch den Schließungsbogen mit i_1 verbunden, in welchem Fall drei Entladungsströme $i_1 a_3$, $a_1 i_2$, $a_2 i_3$ entstanden. In gleicher Weise erfolgte darauf die Entladung zwischen i_1 und a_2 , zuletzt zwischen i_1 und a_1 .

Nach Biot's Versuchen (*Traité, II, ch. 10, p. 407*) ist, wenn E die Elektrizitätsmenge auf i_1 ist und mE die auf a_1 , wo m den von der Entfernung beider Belegungen von einander und der Isolationsfähigkeit der Zwischenschicht abhängigen Bindungscoefficienten bezeichnet, dann $m^2 E$ die auf a_2 , $m^3 E$ die auf a_3 , $m^4 E$ die auf a_4 . Bei den angegebenen Versuchen wurde also nach einander die Elektrizitätsmenge E abgeglichen mit den Elektrizitätsmengen mE , $m^2 E$, $m^3 E$, $m^4 E$.

Bei allen elektrischen Verstärkungsapparaten befinden

so würde es passend seyn für die Verbindung gleichartiger Flächen den Namen *Batterie*, für die alternirende Verbindung den Namen *Säule* in beiden Gebieten zu behalten. 10 galvanische Elemente gleichartig verbunden, d. h. Zink mit Zink, Kupfer mit Kupfer würde eine Batterie von 10 Ketten oder Elementen genannt werden, dieselben Elemente alternirend verbunden, Zink mit Kupfer u. s. f. eine Säule von 10 Elementen seyn. Eine fünfgliedrige Säule einer Batterie zu 10 Elementen würde die Combination von 50 sogleich genau bezeichnen, wie sie erfolgt ist. In demselben Sinn wird eine viergliedrige Säule von Batterien zu fünf Flaschen heißen, daß vier Batterien, jede von fünf Flaschen, *par cascade* mit einander verbunden sind.

sich zwei Elektrizitätsmengen, deren Verhältniß $1 : m$, eine mitgetheilte E und eine durch Vertheilung erregte mE auf zwei gleichen Flächen S . Alle bisherigen Untersuchungen über Schlagweite, Erwärmung, Magnetisirungserscheinungen, Induction und physiologische Wirkungen haben sich, abgesehen von der Veränderung des Schließungsbogens, darauf beschränkt, bei gleichbleibender Oberfläche die Elektrizitätsmenge zu verändern, oder dieselbe Elektrizitätsmenge auf verschiedene Oberflächen zu bringen. Hier wird $1 : m$ verändert, während E und S dasselbe bleibt.

1) Erwärmung.

Mehrere gut unter einander übereinstimmende Versuchsreihen ergaben an einem in den Schließungsbogen eingeschalteten elektrischen Luftthermometer, wenn t die bei der Entladung der ersten Batterie erregte Wärme bezeichnet, folgende einfache Beziehung:

Schließungs- bogen.	Verhältniß der E auf beid. Flächen.	Erwärmung.
$i_1 a_1$	$1 : m$	t
$i_1 a_2$	$1 : m^2$	$2t$
$i_1 a_3$	$1 : m^3$	$3t$
$i_1 a_4$	$1 : m^4$	$4t$

Verbindet man nach der Ladung der stufenweise verbundenen Batterien sämtliche innere Belegungen unter einander, ebenso sämtliche äußere, verwandelt man also die Flaschensäule aus 4 Elementen in eine Batterie von vierfacher Oberfläche, so wird auf der inneren Belegung $i_1 + i_2 + i_3 + i_4$ die Elektrizitätsmenge $E(1 + m + m^2 + m^3)$, auf der vereinigten äußeren $a_1 + a_2 + a_3 + a_4$ hingegen $mE(1 + m + m^2 + m^3)$ sich finden, das Verhältniß beider also dasselbe seyn, als auf der ersten Batterie, nämlich $1 : m$. Da nun m ein Bruch ist, der sich wenig von der Einheit unterscheidet, indem der Ueberschuß der freien Elektrizität über die gebundene stets ein geringer Theil der Gesamtelektrizität ist, so wird jetzt nahe die vierfache Elektrizitätsmenge auf der vierfachen Oberfläche sich befinden. Da aber für diese Anordnung nach den Versu-

chen von Riefs sich die Erwärmung wie das Quadrat der Elektrizitätsmenge dividirt durch die Oberfläche verhält, so wird sie $4t$ seyn, also dieselbe als bei der Entladung *par cascade* zwischen i_1, a_4 . Daraus folgt:

Verbindet man die erste innere mit der letzten äusseren Belegung einer Reihe stufenweise mit einander verbundener Batterien, so wird bei dieser Entladung im Schließungsbogen dieselbe Wärme entwickelt, als wenn, nachdem alle inneren und alle äusseren Belegungen mit einander verbunden worden sind, die Entladung erfolgt.

Es ist gerade ein Jahrhundert verflossen, seitdem Franklin die Ladung *par cascade* als ein Mittel vorschlug, eine große Anzahl Flaschen mit einer geringen Anzahl Umdrehungen zu laden. Man habe zuerst die stufenweise verbundenen zu laden, dann sie gleichartig, d. h. alle Innenflächen unter einander, und ebenso die Außenflächen zu verbinden. Dieser Vorschlag findet sich unverändert bis in die neuesten Lehrbücher wiederholt, nur mit dem von Biot gegebenen Zusatz, man müsse, um empfindliche Entladungen und Verluste der Elektrizität zu vermeiden, die Verbindungsdrähte nicht auf die Batterien legen, sondern werfen. Dieser Vorschlag zeigt, daß man sich das, was eine Entladung einer Flaschensäule von der einer gewöhnlichen Batterie unterscheidet, weder experimental noch theoretisch klar gemacht hat.

Schaltet man das Thermometer in den Verbindungsdraht a_1, i_2 ein, so steigt die Wärme, wenn die Entladung nach einander durch die Schließungsbogen $i_1, a_2, i_1, a_3, i_1, a_4$ erfolgt. Sie ist in allen Verbindungsdrähten $a_1, i_2, a_2, i_3, a_3, i_4$ dieselbe, wenn alle vier Batterien durch Verbindung von i_1 mit a_4 entladen werden, und nahe gleich der im Schließungsbogen selbst erhaltenen. Bei gleichen Verbindungsdrähten erfolgen also im Schließungsbogen dieselben Wärmeerscheinungen als in den einzelnen Verbindungsdrähten, d. h. die in jedem Drahte erregte Wärme nimmt stets im Verhältniß der Anzahl der mit einander verbundenen Batterien zu.

Da bei der Entladung einer auf einer gegebenen Ober-

fläche befindlichen Elektrizitätsmenge durch Verlängerung des Schließungsbogens, Verdünnung desselben und Einschalten schlechter Leiter der physiologische und thermische Effect vermindert wird, und diese Verminderung durch eine in bestimmten Fällen nachweisbare Verlängerung der Entladungsdauer sich erklären läßt, so wird es gerechtfertigt erscheinen, einen gesteigerten Effect einer Verkürzung der Entladungsdauer zuzuschreiben. Bei dem Zwischendrabte $a, i,$ ist stets dieselbe Elektrizitätsmenge auf derselben Oberfläche, die Entladung mag durch den Schließungsbogen $i, a,$ oder $i, a,$ erfolgen, dennoch ist der thermische Effect im ersten Falle viel bedeutender als im letzten. Die Veränderung der Entladungsdauer kann also nur allein der Grund der Erscheinung seyn, und es fragt sich, wodurch sie selbst bedingt wird.

Es ist bekannt, daß wenn man von der inneren Belegung einer isolirt aufgestellten Batterie den Ueberschuß freier positiver Elektrizität durch ableitende Berührung entfernt, ein entsprechender Antheil negativer auf der äußeren Belegung frei wird, der, wenn er wieder entfernt wird, inwendig einen neuen positiven Ueberschuß hervortreten läßt, wodurch endlich auf diese Weise durch eine große Anzahl alternirender Funken die Batterie entladen wird. Wenn nun, wie Volta annimmt, bei der momentanen Entladung durch gleichzeitige Berührung beider Flächen dasselbe stattfindet, nur in unmittelbar an einander sich anschließenden Zeitintervallen, so sieht man ein, daß die Summe der einzelnen Entladungen einen desto kürzeren Zeitraum ausfüllen wird, jemehr Elektrizität in jeder einzelnen Entladung verschwindet. Dies hängt ab von dem Ueberschuß $(1-m)E$ der freien Elektrizität über die gebundene; je größer also der Unterschied der Elektrizitätsmenge auf beiden Oberflächen ist, desto kürzer wird die Entladungsdauer werden. Die mit Zunahme der Differenz $1-m$ gesteigerte Wärme würde auf diese Weise in der dadurch veränderten Entladungsdauer ihre Erklärung finden.

Bei dieser Annahme sind die Zwischenströme ohne Ein-

fluß auf die Erscheinung, sie verändern nur in derselben Weise, als dies im Schließungsbogen erfolgt, ihre Entladungsdauer, weil die auf der Fläche i_1 und a_1 stattfindende Veränderung nothwendig gleichzeitig auf die Elektrizität der Flächen a_1 und a_2 reagirt, diese auf i_2 und a_3 u. s. f. Das ganze System verbundener Ströme befolgt also einen ähnlichen Verlauf der Erscheinungen als der Entladungsact des Schließungsbogens.

Es ist aber auch möglich, daß in der Verbindung mehrerer Ströme zu einem sich gleichzeitig entladenden Systeme der Grund der Beschleunigung liegt. Indem nämlich jedes freiwerdende $+E$ ein gleichzeitig freiwerdendes $-E$ vorfindet, mit dem es sich neutralisiren kann, so kann dadurch die zum Abgleichen nothwendige Zeit in dem Verhältniß der Anzahl der mit einander verbundenen Ströme vermindert werden.

Die erste Annahme setzt voraus, daß dieselben Erscheinungen bei von einander getrennten Batterien sich zeigen würden, welche bei gleicher Oberfläche und gleicher Elektrizitätsmenge auf der inneren Belegung sich durch ihre Glasdicke oder das Isolationsvermögen ihrer Zwischenschicht in der Weise von einander unterscheiden, daß auf ihren respectiven äußeren Oberflächen sich die Elektrizitätsmengen mE , $m^2 E$, $m^3 E$, $m^4 E$ befänden. Eine solche directe Vergleichung konnte nicht angestellt werden, da die dazu erforderlichen Apparate nicht zu Gebote standen ¹⁾.

Für die zweite Annahme kann angeführt werden, daß ihr die Resultate der Versuche wenigstens in der Weise nicht widersprechen, daß jede in einem der Zwischendrähte vorgenommene Veränderung bei gleichbleibendem Schließungsbogen alle Ströme, die zu einem System verbunden sind, gleichmäfsig afficirt.

Schaltet man nämlich einen Neusilberdraht in den Schließungsbogen ein, so wird die Erwärmung desselben mit zunehmender Länge des Neusilberdrahts immer mehr vermin-

1) Auffallend ist es, daß man noch nie zu ermitteln gesucht hat, welche Function der Entfernung der Bedingungscoefficient m ist.

dert. Dasselbe erfolgt bei Einschaltung des Neusilberdrahts in einen Verbindungsdraht.

Ein nasser Faden von hinreichender Länge hebt in beiden Fällen alle Wirkung auf das elektrische Luftthermometer auf.

Der Entladungsfunke verliert dabei seine weisse Farbe und wird orange. Er tönt schwach und zündet Pulver. Bei starken Ladungen und einer grossen Anzahl mit einander verbundener Batterien löst sich der Funke, wenn der Faden nicht sehr lang ist, in einzelne weisse Funken auf, und zündet Pulver nicht, sondern verstreut es.

Bei allen am Thermometer erhaltenen Resultaten, dasselbe mochte sich im Schliessungsbogen selbst oder in einem Verbindungsdraht befinden, zeigte sich die entwickelte Wärme dem Quadrate der Elektrizitätsmenge proportional, wie dies für die Entladung gewöhnlicher Batterien bekannt ist. Um genaue Resultate zu erhalten, muss man daher nicht mit einzelnen Flaschen, sondern mit grösseren Batterien die Versuche anstellen, damit, wenn man nicht genau die Erregung bei dem letzten überschlagenden Funken schliesst, der dadurch entstehende Fehler keinen erheblichen Einfluss auf das Resultat habe. Auch müssen die Ständer so vollkommen wie möglich isoliren, weil bei einer ungleichen, nicht vollkommenen Isolation derselben die Entladungsflasche an der letzten äusseren Belegung nicht ein Maass für die Ladungen der einzelnen Batterien abgiebt. Der Einfluss, welchen die Ungleichheit der Flaschen auf die Resultate ausübt, kann dadurch beseitigt werden, dass man die einzelnen Batterien in Beziehung auf ihre Aufeinanderfolge unter einander vertauscht.

Die am Thermometer gewonnenen Resultate erhielten eine entschiedene Bestätigung durch eine ausführliche Versuchsreihe über Drahtschmelzen. Die geschmolzene Drahtlänge ist im Schliessungsbogen i, α , am grössten, und nimmt continuirlich mit Verminderung der Anzahl der verbundenen Batterien bis zum Schliessungsbogen i, α , ab. Da nun dieselbe Steigerung in den Zwischendrahten stattfindet, wenn

die Zahl der combinirten Batterien allmählig vermehrt wird, so können bei vier Batterien vier Drahtlängen gleichzeitig geschmolzen werden, welche, jede einzeln, größer sind als die bei einer Batterie schmelzbare.

2) Magnetisiren.

Die Zunahme des Magnetisirungsvermögens wurde auf folgende Art erhalten. Die zu magnetisirende Nadel wurde zuerst in ihrer Spirale in den Schließungsbogen i, a_1 eingeschaltet. Darauf wurde sie, nachdem sie eine bestimmte Polarisation erhalten hatte, in umgekehrter Lage in die Spirale gelegt und diese in den Schließungsbogen i, a_2 aufgenommen. Sie zeigte sich nun umgekehrt magnetisirt. Eine neue Umkehrung erfolgte, wenn sie nun in ihrer ursprünglichen Lage im Bogen i, a_3 sich befand, eine vierte endlich, wenn sie von Neuem in umgekehrter Lage in die Spirale gebracht war, welche zuletzt in den Bogen i, a_4 aufgenommen war. Diefes zeigt unmittelbar, daß die nächstfolgende Magnetisirung jedesmal die stärkere war. Dieselben Umkehrungen werden für die stets im Verbindungsdraht a, i_2 befindliche Nadel erhalten, wenn die Entladung nach einander durch die Schließungsbogen $i, a_1, i, a_2, i, a_3, i, a_4$ erfolgte.

Bekanntlich hat Savary gefunden, daß, wenn man eine elektrische Batterie durch einen geradlinig ausgespannten Draht entladet, Stahlnadeln, welche senkrecht auf seine Richtung in verschiedenen Entfernungen von ihm sich befinden, nicht in gleichem Sinne magnetisirt werden, sondern mehrfache Wechsel ihrer Polarität zeigen, so daß also normale Magnetisirungen mit zunehmender Entfernung durch Null in anomale übergehen, diese wiederum in jene und so fort. Eben so hat er nachgewiesen, daß bei gleichbleibender Entfernung eine Veränderung der Stärke der Entladung ähnliche Umkehrungen hervorruft. Ich habe an einem andern Orte ¹⁾ gezeigt, daß man ganz dieselben Ergebnisse mit dem Ladungsstrome erhält, d. h. mit dem Ver-

1) *Berichte der Academie*, 1846, S. 367.

bindungsdrahte der äußeren Belegungen zweier isolirten Batterien, von denen die eine geladen, die andere ungeladen ist, in dem Augenblick, wo die inneren Belegungen derselben in leitende Verbindung gebracht werden, und daß auch hier, wie es Hankel für den Entladungsstrom gezeigt hat, die Wechsel leichter erhalten werden, wenn man den Strom durch Einschaltung größerer Drahtlängen verzögert. Unter der Voraussetzung, daß die bisher erwähnten Erscheinungen der Entladungen von Flaschensäulen einer Verkürzung der Entladungsdauer ihre Entstehung verdanken, muß es bei diesen schwieriger seyn, die Savary'schen Umkehrungen zu erhalten.

In der That konnte selbst bei Einschaltung von 50 Fuß dünnen Neusilberdrahts bei starken und schwachen Nadeln die Umkehrung nicht erhalten werden, wenn die Entladung im Schließungsbogen i, a , durch eine gespannte Saite erfolgte, welche die Kathete eines Dreiecks bildete, dessen Hypotenuse eine lange Scale war, auf deren parallelen Theilstriichen die Nadeln in gleichen Abständen von einander befestigt waren. Hingegen gelang es, in einer im Draht i, a , eingeschalteten Magnetisirungsspirale mehrfache Wechsel der Polarität zu erhalten, wenn die Intensität der Ladung durch Vermehrung der Funken der Maafsflasche allmählig gesteigert wurde. Daher ist es wahrscheinlich, daß bei weiter fortgesetzten Versuchen auch Umkehrungen bei der ersten Art erhalten worden wären.

3) Schlagweite.

Auf den Isolirschmel der ersten Batterie wurde ein Funkenmikrometer gestellt, dessen eine Kugel mit der Innenfläche derselben i , die andere mit der Außenfläche a , metallisch verbunden war. Nach einer bestimmten Anzahl Funken der Entladungsflasche entlud sich die erste Batterie von selbst durch einen zwischen den Knöpfen des Funkenmikrometers überspringenden Funken. Bei einer geringeren Anzahl Funken der Maafsflasche erfolgte die Selbstentladung der ersten und zweiten Batterie, wenn die eben so

weit entfernten Knöpfe des auf dem zweiten Isolirschemel aufgestellten Mikrometers die Belegungen i_1 und a_2 bei der Entladung verbanden, bei einer noch geringeren Anzahl, wenn das Funkenmikrometer im Schließungsbogen $i_1 a_3$, bei der geringsten in $i_1 a_4$. Die Zunahme der Schlagweite erfolgt für gleiche Ladung im quadratischen Verhältniß der angewendeten Batterie. Man erhält dies unmittelbar auf folgende Weise.

Nachdem für die erste Batterie die Funkenzahl der Entladungsflasche bestimmt ist, welche für einen gegebenen Abstand x der Knöpfe des Funkenmikrometers die Selbstentladung der ersten Batterie vermittelt, giebt man dem Mikrometer nach einander die Abstände $4x$ im Bogen $i_1 a_2$, $9x$ im Bogen $i_1 a_3$, $16x$ im Bogen $i_1 a_4$. Die Selbstentladung erfolgt dann bei derselben Funkenzahl der Maassflasche. Es ist also:

Schließungs- bogen.	Vertheilungs- coëfficient.	Schlagweite.
$i_1 a_1$	m	x
$i_1 a_2$	m^2	$4x$
$i_1 a_3$	m^3	$9x$
$i_1 a_4$	m^4	$16x$

Das Funkenmikrometer wurde nun in den Verbindungsdraht $a_1 i_2$ der ersten und zweiten Batterie eingeschaltet, dieselben aber während der Ladung durch einen zweiten Draht metallisch verbunden. Dieser wurde dann vermittelt eines isolirenden Handgriffs entfernt, so daß die Verbindung der Batterie durch den Abstand der Kugeln des Mikrometers unterbrochen war. Vermittelst des Ausladers wurde nun i_1 successiv mit a_1 , a_2 , a_3 , a_4 verbunden, und dieselbe Zunahme der Schlagweite am Verbindungsdraht erhalten wie im Schließungsbogen.

Unterbrach man gleichzeitig in zwei Verbindungsdrähten den Zusammenhang der Batterien, so ergab sich die Summe beider Schlagweiten noch kleiner als die einer einzigen Unterbrechung in einem Draht. Während die Wärmeerregung bei einer combinirten Batterie in jedem der vier Ver-

bindungsdrähte die vierfache ist, bezieht sich die sechzehnfache Schlagweite daher nur auf die Gesamtheit der die Schließung als ein Ganzes vermittelnden Drähte.

4) Physiologische Wirkung.

Sie konnte nur geprüft werden, wenn ihre Intensität durch Einschalten eines nassen Fadens geschwächt war, schien aber dann mit der Anzahl der combinirten Batterien zu wachsen.

5) Wirkungen unvollkommener Schließung.

Verbindet man die Innenfläche der ersten Batterie durch einen Metallstreifen mit der Erde, nachdem das ganze System durch eine bestimmte Anzahl Funken der Entladungsflasche geladen worden ist, so bildet die Erde einen schlechter leitenden Schließungsbogen mit der äußeren Belegung der Entladungsflasche. Man sieht dann zwischen den Knöpfen der Entladungsflasche in kurzen, aber stets zunehmenden Zeitintervallen die Funken zurückschlagen, welche vorher bei dem Laden als Maafsstab dienten. Die Untersuchung der Flasche zeigt, dafs sie dabei entgegengesetzt geladen worden ist. Verbindet man, nachdem die Ladung des ganzen Systems erfolgt, die äufsere Belegung der Maafsflasche aber durch eine ununterbrochene metallische Leitung mit der Innenfläche i_1 der ersten Batterie, so erscheint die frühere Funkenreihe als ein einziger starker Funke zwischen den Knöpfen der Flasche. Verbindet man endlich, nachdem die Maafsflasche durch den letzten Funken entladen ist, ihre äufsere Fläche mit der äufseren Fläche einer ungeladenen, nicht isolirten Batterie und dann deren innere Fläche mit der Innenfläche i_1 der ersten Batterie, so wird diese geladen. Diese Erscheinungen versinnlichen, was bei der Entladung der Flaschensäule in den Zwischendrähnen erfolgt.

Eine Karte wird durch den Cascadenstrom ebenfalls an der negativen Seite durchbohrt, ein Stanniolblatt zwischen zwei

Kartenblättern an den beiden Stellen, wo die Blätter den Schließungsbogen unterbrechen.

Die Analogie der Entladungserscheinungen einer Flaschensäule mit denen einer galvanischen oder Ritter'schen Ladungssäule bieten sich von selbst dar. So wie wir bei dieser jedes Element als Erreger eines Stromes ansehen, deren Summe in der Wirkung der Säule hervortritt, so erregen hier jede zwei metallisch mit einander verbundenen Belegungen im Moment, daß das Ganze zu einem Kreise geschlossen wird, einen Strom. Bei der galvanischen Säule nehmen wir an, daß jedes Element außer dem Strom, den es erzeugt, zugleich den Weg abgibt für den Durchgang der Ströme aller übrigen Elemente. Um so interessanter ist es, daß wir hier dieselbe Verstärkung erhalten, ohne daß wir annehmen können, daß verschiedene Ströme in demselben Drahte sich übereinander legen. Der Leitungswiderstand in dem Wege eines partiellen Stromes reagirt auf alle andere Ströme, gerade so als wenn diese selbst diesen Widerstand auch zu überwinden hätten. Dem ist aber nicht so, da die partiellen Ströme durch nicht leitende Schichten von einander getrennt sind.

Verändert man die Oberfläche sämtlicher Batterien um gleichviel, so werden die Größen t , x für die erste Batterie nach bekannten Gesetzen verändert. Dies gilt natürlich auch für die Verstärkung dieser Größen durch die Verbindung mehrerer gleichen Batterien zu einer Flaschensäule. Verwickeltere Erscheinungen treten aber ein, wenn ungleich große Batterien stufenweise mit einander verbunden werden.

6) Entladungserscheinungen durch Abgleichen entgegengesetzter Elektricitäten von ungleicher Dichtigkeit.

Bei allen bisherigen Untersuchungen über Entladungserscheinungen elektrischer Batterien waren stets die Oberflächen, auf welchen sich die entgegengesetzten Elektricitäten vor der Entladung befinden, gleich. Bei Cascadenströmen können aber diese Oberflächen ungleich, die Dichtigkeit der sich verbindenden Elektricitäten also verschie-

den seyn. Die bisherigen sich auf gleiche Dichtigkeit beziehenden Formeln reichen für diesen Fall nicht aus.

Die einfachste Verallgemeinerung der Entladung einer Batterie mit gleichen Oberflächen wäre die, daß man zwei getrennte Batterien von verschiedenen Oberflächen, durch gleiche Funkenzahl der Maafsflasche getrennt, ladet, aber so, daß die innere Belegung der einen positiv wird, die der andern negativ. Man verbindet dann ihre äusseren Belegungen durch eine die strommessende Vorrichtung enthaltende Leitung, dann ihre innern durch den Auslader. Bei stufenweiser Verbindung zweier Batterien erhält man, wie man sieht, dieselbe Anordnung durch eine einzige Ladung. Da der Einfluß des Verhältnisses $1 : n$ in allen vergleichenden Versuchen derselbe bleibt, so sind die so gewonnenen Resultate davon unabhängig, also allgemein gültig.

Die zwanzig Flaschen wurden in fünf gleiche Batterien getheilt, jede zu vier Flaschen, und vier zweigliedrige Flaschensäulen daraus gebildet, nämlich die mit der Maafsflasche verbundene von vier Flaschen nach einander mit einer Batterie von 4, 8, 12, 16 Flaschen, welche mit dem Conductor verbunden war. Es ergaben sich folgende Temperaturen:

Oberfläche von B_1 .	Oberfläche von B_2 .	Erwärmung	
		beobachtet.	berechnet.
s	s	87°,6	87°,5
s	$2s$	63°,3	62°,4
s	$3s$	51°,3	50°,6
s	$4s$	44°,8	43°,8

Die Werthe der letzten Columne sind dadurch erhalten, daß die bei gleichen Flächen erhaltene Erwärmung multiplicirt ist mit $\frac{1}{\sqrt{1}}$, $\frac{1}{\sqrt{2}}$, $\frac{1}{\sqrt{3}}$, $\frac{1}{\sqrt{4}}$.

Darauf wurde die unveränderliche Batterie mit dem Conductor, die veränderliche mit der Maafsflasche verbunden. Die Temperatur war:

Oberfläche von B_1 .	Oberfläche von B_2 .	Erwärmung	
		beobachtet.	berechnet.
s	s	94°,3	95°
2 s	s	67°,4	67°,6
3 s	s	56°,4	54°,8
4 s	s	47°,5	47°,5

Die berechneten Werthe sind erhalten durch Multiplication von 95 mit $\frac{1}{\sqrt{1}}$, $\frac{1}{\sqrt{2}}$, $\frac{1}{\sqrt{3}}$, $\frac{1}{\sqrt{4}}$,

Bei der Schwierigkeit an Batterien, die ursprünglich nicht zur Messung von Erscheinungen bestimmt sind, welche Functionen der Gröfse der Oberfläche sind, genaue Resultate zu erhalten, können diese Zahlen als befriedigend an die berechneten Werthe sich anschliessend betrachtet werden. Aus diesen und anderen Combinationen von zwei Batterien, deren beiderseitige Flaschenzahl gleiche Producte giebt, würde folgen:

Befinden sich auf jeder von zwei Flächen s und s_1 , gleiche Mengen q positiver und negativer Elektricität, so wird die bei dem Abgleichen derselben erregte Wärme proportional seyn $\frac{q^2}{\sqrt{s s_1}}$, für den besonderen Fall der Gleichheit beider Flächen $\frac{q^2}{s}$, wo sie ein Maximum wird.

Zerfällt man das Product in die Factoren q und $\frac{q}{\sqrt{s s_1}}$, so kann der Satz auf folgende Weise ausgesprochen werden: die erregte Wärme ist proportional dem Product der Elektricitätsmenge in die Dichtigkeit derselben, wenn sowohl die positive als die negative Elektricität vertheilt gedacht wird auf einem Rechteck, dessen Seiten die linearen Dimensionen beider quadratischen Belegungen sind, wobei es gleichgültig ist, ob die positive Elektricität sich auf der gröfseren oder kleineren Oberfläche befand.

Um zu prüfen, ob diese verallgemeinerte Bestimmung der Dichtigkeit sich auch für die Schlagweite bewährt, wur-

den den Kugeln des Funkenmikrometers im Schließungsbogen, wenn die Batterie von 4 Flaschen mit einer von 4, 8, 12, 16 stufenweise verbunden wurde, die Abstände 10, 7,1, 5,8, 5 gegeben. Die Entladung erfolgte bei einer gleichen Anzahl Funken der Maafsflasche; die Schlagweite verhielt sich also wie $\frac{1}{\sqrt{1}}$, $\frac{1}{\sqrt{2}}$, $\frac{1}{\sqrt{3}}$, $\frac{1}{\sqrt{4}}$. Da nun eine Flaschensäule von 2 Batterien von 4 und 9 Flaschen dieselbe Schlagweite gab, als eine von 6 und 6, so wird die Schlagweite $\frac{q}{\sqrt{s s_1}}$ proportional seyn für den besonderen Fall der Gleichheit $\frac{q}{s}$, wo sie ein Maximum.

Da nun überhaupt nur gleiche Mengen positiver und negativer Elektrizität sich abgleichen können, so ist der betrachtete Fall beliebig ungleicher Flächen bei gleichen Elektrizitätsmengen der allgemeine. Wären die Elektrizitätsmengen ungleich, so würde der Strom aus einem Entladungsstrom und Ladungsstrom zusammengesetzt seyn. Für Cascadenströme kann allerdings die Untersuchung noch verallgemeinert werden, wenn man statt einer zweigliedrigen Säule vielgliedrige betrachtet, deren Elemente sämmtlich ungleich sind.

Bei Untersuchungen über die inducirende Wirkung der Ströme an Flaschensäulen wurden die isolirenden Zwischenschichten durch Seitenentladungen durchbrochen, wenn die ohnehin starke Spannung durch Einbringen von eisernen Drahtbündeln in die Spiralen noch gesteigert wurde. Diese müssen daher einer späteren Mittheilung vorbehalten bleiben. Auch wäre es interessant, die Funkendauer in den Schließungsbögen $i_1 a_1$, $i_1 a_2$, $i_1 a_3$, $i_1 a_4$ mit einem Wheatstone'schen Apparat zu untersuchen.

Die Ergebnisse vorstehender Arbeit stelle ich schliesslich noch kurz zusammen:

- 1) Befindet sich auf der Fläche a^2 eine Menge q positiver, und auf der Fläche b^2 eine gleiche Menge negativer

Elektricität, so ist bei der Abgleichung dieser Elektricitäten die erregte Wärme proportional $\frac{q^2}{ab}$, die Schlagweite proportional $\frac{q}{ab}$.

- 2) Die stufenweise Verbindung gleicher Flaschen zu einer Flaschensäule (*batterie par cascade*) steigert in allen Verbindungsdrähten die Wärme im Verhältniß der stufenweise verbundenen Elemente (Flaschen oder Batterien) die Schlagweite im Ganzen im Verhältniß des Quadrats derselben. Magnetisirung und physiologische Wirkungen nehmen ebenfalls mit der Anzahl der verbundenen Elemente zu.
 - 3) Eine Vermehrung des Leitungswiderstandes in irgend einem Verbindungsdraht reagirt in gleicher Weise auf die Ströme aller Verbindungsdrähte.
 - 4) Die von der Elektricitätsmenge und der Oberfläche abhängigen quantitativen Veränderungen einzelner Stromwirkungen gelten für die aus gleichen Elementen bestehende Flaschensäule wie für jedes einzelne Element.
 - 5) Die gesteigerte Wirkung der Flaschensäule kann nur durch eine Verminderung der Entladungsdauer erklärt werden.
 - 6) Ob diese Verminderung eine Folge der Combination gleichzeitig sich entladender Elemente, oder eine Function des Verhältnisses der mitgetheilten zur vertheilten Elektricität ($1 : m$) ist, bleibt noch zu ermitteln.
 - 7) Neutralisiren sich gleiche Mengen positiver und negativer Elektricität durch eine Entladung, so ist die Dauer derselben am kleinsten, wenn die Elektricitäten bei gegebener mittlerer Dichtigkeit vorher gleiche Dichtigkeit hatten.
-

III. *Die Ausdehnung einiger flüssigen Körper durch die Wärme; von M. L. Frankenheim.*

Die im letzten Heft mitgetheilten Untersuchungen über die Veränderungen, welche die Synaphie einiger flüssiger Körper mit der Temperatur erleidet, machten auch einige Beobachtungen über den Einfluß der Temperatur auf das specifische Gewicht nothwendig.

Ich bediente mich dazu des in der Abhandlung über die Synaphie beschriebenen und abgebildeten Apparates, in den, statt der ungleicharmigen Heberröhren, einige mit den zu untersuchenden Flüssigkeiten gefüllte Thermometer eingesetzt wurden. Die Röhren hatten einen Radius von 0,5 bis 0,7 Mm., eine Länge von etwa 200 Mm. und eine 700 bis 1400 K. Mm. fassende Kugel. Sie waren vor dem Anblasen der Kugel sorgfältig kalibrirt, so daß der Querschnitt für jeden Theil der Röhre bekannt war, ein eingeritztes Zeichen diente als Nullpunkt. Dann wurde die Kugel angeblasen, die Röhre erst leer und dann mit der Flüssigkeit gefüllt abgewogen, und dadurch das Volumen der Röhre bis zum Nullpunkte bestimmt. Anfangs wendete ich bei dieser Bestimmung das Quecksilber an; weil aber die zum Austreiben desselben nothwendige Hitze das Volumen der Kugel ein wenig verändern konnte, so füllte ich sie in der Folge gleich mit der zu untersuchenden Flüssigkeit selbst, deren specifisches Gewicht vorher untersucht war.

Das Citronenöl z. B. hatte bei $18^{\circ},2$ ein spec. Gewicht von 0,8532. Ein Gewicht von 670,5 Milligrm. füllte die Kugel und die Röhre bis 21,3 unter dem Nullpunkte aus; sein Volumen war also, vorausgesetzt daß die Temperatur keine Veränderung erlitten hatte, 785,9 K. Mm. Die Röhre hatte ein Volumen von 23,8 K. Mm. Das Volumen der Kugel bis zum Nullpunkte betrug also 809,7. Die kleine Correction, welche die Veränderung der Temperatur nothwendig machte, konnte, da ein angenäherter Werth dazu genügte, leicht angebracht werden.

Zur Bestimmung des spec. Gewichts bediente ich mich der gewöhnlichen Fläschchen mit eingeriebenem, unten abgerundetem Glaspfropf, die, mit einer Vorsicht angewendet, ganz tadelfreie Resultate geben.

Die nämliche Correction des Glases aus einer schlesischen Hütte ist zu 0,0023 für 100° C. und der Temperatur proportional genommen.

Die Höhe der Flüssigkeit in der Röhre wurde mit dem oben beschriebenen Kathetometer gemessen; da sie aber in einem nicht absolut festen Apparate befestigt war, so mußte stets auch das als Nullpunkt dienende Zeichen beobachtet werden. Die Differenz beider gab die Mittel an die Hand, das Volumen der Flüssigkeit in der Röhre kennen zu lernen.

In allem, was die Thermometer und das Einzelne der Beobachtungsweise betrifft, kann ich auf die frühere Abhandlung verweisen.

Bei diesen Beobachtungen wurde ich von Hrn. Hildebrand unterstützt, der einen Theil derselben, in Verbindung mit denen über Synaphie, zu denen sie gehörten, in der oben angeführten Dissertation Anfang 1844 bekannt gemacht hat. Auch die übrigen Beobachtungen stammen beinahe aus derselben Zeit.

Mein Verfahren unterschied sich von den früher angewendeten in der Anwendung eines durchsichtigen Bades, in welches die Röhren so weit eingetaucht waren, daß die gesammte untersuchte Flüssigkeit eine gleichförmige Temperatur annehmen konnte. Auch die später als die meiningen angestellten, sonst sehr guten Versuche von Pierre haben noch immer den größten Theil der Röhre außerhalb des Bades gelassen. Bei guten Melsapparaten reicht eine Länge von etwa 60 bis 100 Mm. vollkommen zur genauen Bestimmung der Ausdehnungs-Coëfficienten hin.

Ich habe die Beobachtungen sämmtlich zu der Formel

$$V_t = A + Bt + Ct^2$$

berechnet. V_t ist das Volumen bei t° C.

A , B , C sind drei constante, nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnete Gröfsen. Hin und wieder zeigte

der regelmässige Gang der Fehler, dafs auch noch ein Glied Dt^3 mit Nutzen angewendet werden konnte, aber in der Regel reichten drei Glieder vollkommen hin, und schon der Werth von C war etwas unsicher, indem er durch das Weglassen einiger Beobachtungen nicht unbeträchtlich verändert wurde.

Aus dieser Formel habe ich dann die Tabellen von 5^0 zu 5^0 berechnet, und bin, namentlich nach höheren Temperaturen hin, nie weit über die Gränzen der Beobachtungen selbst hinausgegangen. Nach unten hin war eine solche Ueberschreitung, weil das Volumen bei 0^0 stets als Einheit genommen wurde, nicht immer ganz zu vermeiden.

Aufser den Werthen von V_t habe ich noch zwei theoretisch interessante Arten von Quotienten Q_1 und Q_2 berechnet.

$$Q_1 = \frac{dV_t}{dt} = B + 2Ct$$

bezeichnet den Raum, um den sich die Flüssigkeit bei t^0 ausdehnt, den Raum bei 0^0 als Einheit genommen. Der zweite Coëfficient, den man den logarithmischen nennen könnte, giebt dagegen die Ausdehnung bei t^0 , das Volumen bei dieser Temperatur selbst als Einheit genommen:

$$Q_2 = \frac{dV_t}{V_t dt} = \frac{B + 2Ct}{V_t}.$$

Wenn man die Wirkung der Abkühlung mit derjenigen einer mechanisch comprimirenden Kraft vergleichen wollte, so wäre es dieser logarithmische Quotient, den man vornehmlich berücksichtigen müfste.

Die Stoffe sind dieselben, mit denen die früher mitgetheilten Beobachtungen über die Synaphie angestellt wurden. Ich kann daher wegen der Bereitungsart und Beschaffenheit der Körper auf die Abhandlung (Poggend. Annalen, S. 177 dieses Bandes) verweisen.

1) Terpenthinöl. Spec. Gewicht = 0,8902 bei 0° C.

$$V_t = 1 + 0,0008474 t + 0,000001248 t^2.$$

t° C.	Volum.	t° C.	Volum.	t° C.	Volum.
5	1,004268	55	1,050382	105	0,102736
10	08599	60	55837	110	08315
15	12992	65	60354	115	13956
20	17447	70	65483	120	19659
25	21965	75	70575	125	25425
30	26545	80	75779	130	31253
35	31188	85	81046	135	37144
40	35893	90	88375	140	43097
45	40660	95	91766	145	49143
50	45490	100	97220	150	55190

t°.	Q ₁ .	Q ₂ .
0	0,000847	0,000847
50	0972	0930
100	1097	0998
150	1222	1058

Die Beobachtungen zwischen 11° und 145°.

2) Citronenöl erster Art. Spec. Gew. = 0,8380 bei 0° C.

$$V_t = 1 + 0,0008660 t + 0,000001161 t^2.$$

t° C.	Volum.	t° C.	Volum.	t° C.	Volum.
5	1,004359	55	1,051142	105	1,103730
10	08776	60	56140	110	09308
15	13251	65	61195	115	14944
20	17784	70	66309	120	20638
25	22375	75	71480	125	26390
30	27025	80	76710	130	32201
35	31732	85	81998	135	38068
40	36498	90	87344		
45	41321	95	92748		
50	46202	100	98210		

t°.	Q ₁ .	Q ₂ .
0	0,000866	0,000866
50	0982	0891
100	1098	1000
150	1204	1024

Die Beobachtungen zwischen 35° und 133°, daher in

dem Verhältniss der Volumina gegen das Volumen bei 0° die Abweichung etwas gröfser seyn kann als in anderen Fällen.

3) Citronenöl zweiter Art. Spec. Gewicht = 0,8661 bei 0°.

$$V_t = 1 + 0,0007902 t + 0,000002053 t^2.$$

t° C.	Volum.	t° C.	Volum.	t° C.	Volum.
5	1,004002	55	1,049627	105	1,105627
10	08107	60	54810	110	11787
15	12315	65	60045	115	18049
20	16626	70	65383	120	24114
25	21039	75	70824		
30	25555	80	76368		
35	30174	85	82014		
40	34896	90	87763		
45	39720	95	93615		
50	44647	100	99570		

t°	Q_1	Q_2
0	0,000790	0,000790
50	0996	0953
100	1201	1091

Die Beobachtungen zwischen 15° und 122°.

Zwei von einander unabhängige Reihen gaben noch übereinstimmende Werthe für die Constanten der Gleichung. Der für einen Kohlenwasserstoff hohe Werth des Coëfficienten von t^2 , d. h. die beträchtliche Zunahme in den Ausdehnungsquotienten, ist wahrscheinlich eine Folge des aus der Luft aufgenommenen Sauerstoffs.

4) Petroleum. Spec. Gew. = 0,8467 bei 0° C.

$$V_t = 1 + 0,0008994 t + 0,000001396 t^2.$$

t° C.	Volum.	t° C.	Volum.	t° C.	Volum.
5	1,004532	55	1,053690	105	1,109828
10	09034	60	58990	110	15826
15	13805	65	64359	115	21893
20	18546	70	69798	120	28030
25	23357	75	75307		
30	28238	80	80886		
35	33189	85	86535		
40	38216	90	92254		
45	43300	95	98042		
50	48460	100	103900		

t°	Q_1	Q_2
0	0,000899	0,000899
50	1039	0991
100	1179	1067

Die Beobachtungen zwischen 24° und 120° .

5) Essigäther. Spec. Gew. = 0,9051 bei 0° C.

$$V_t = 1 + 0,001040 t + 0,00000363 t^2.$$

t° C.	Volum	t° C.	Volum.	t° C.	Volum.
5	1,005291	30	1,034467	55	1,067818
10	10763	35	40841	60	75468
15	16417	40	47408	65	82917
20	22252	45	54151	70	90587
25	28369	50	61075		

t°	Q_1	Q_2
0	0,001040	0,001040
50	1403	1308

Die Beobachtungen zwischen 13° und 68° .

6) Essigsäure. Spec. Gewicht = 1,0522.

$$V_t = 1 + 0,0004924 t + 0,00000513 t^2.$$

t° C.	Volum.	t° C.	Volum.	t° C.	Volum.
5	1,002525	40	1,023716	75	1,051066
10	05175	45	27246	80	55475
15	07950	50	30903	85	60011
20	10852	55	34685	90	64671
25	13880	60	38591	95	69458
30	17033	65	42624	100	74370
35	20311	70	46782		

t°	Q_1	Q_2
0	0,000492	0,000492
50	744	722
100	995	926

Die Beobachtungen zwischen 13° und 101° .

7) Ameisensäure. Spec. Gewicht = 1,1051 bei 0° C.

$$V_t = 1 + 0,0005126 t + 0,000002721 t^2.$$

t° C.	Volum.	t° C.	Volum.	t° C.	Volum.
5	1,002631	55	1,036424	105	1,083822
10	05398	60	40552	110	89310
15	08301	65	44815		
20	11340	70	49215		
25	14515	75	53750		
30	17827	80	58422		
35	21274	85	63230		
40	24857	90	68174		
45	28577	95	73254		
50	32432	100	78470		

t° .	Q_1 .	Q_2 .
0	0,000513	0,000513
50	0784	0760
100	1087	1008

Die Beobachtungen zwischen 15° und 99°. Die Differenzen zwischen der Rechnung und den Beobachtungen sind so beträchtlich, daß die quadratische Formel nur als Annäherung gelten kann.

8) Ameisensäure. Spec. Gewicht = 1,04405 bei 0° C.

t° C.	Volum.	t° C.	Volum.	t° C.	Volum.
5	1,00210	40	1,01709	75	1,03699
10	0420	45	1934	80	4116
15	0631	50	2164	85	4567
20	0843	55	2401	90	5053
25	1057	60	2653	95	5579
30	1272	65	2940	100	6151
35	1489	70	3309		

t° .	Q_1 .	Q_2 .
0	0,000210	0,000210
50	0567	0555
100	1150	1083

Die Beobachtungen zwischen 13° und 94°. Ihre Differenz von der Rechnung ist bei dieser verdünnteren Lösung natürlich noch größer als bei der concentrirteren Amei-

sensäure, sie würde ein Tausendstel des Ganzen überschreiten. Denn die bekanntlich sehr unregelmäßige Ausdehnungsweise des Wassers theilt sich den mit Wasser verbundenen Körpern um so stärker mit, je größer ihr Wassergehalt ist. Die Tabelle enthält daher *nicht* aus der Formel berechnete, sondern aus der graphischen Aufzeichnung interpolirte Werthe.

9) Chlorzinklösung. Spec. Gewicht = 1,3632 bei 0°.

$$V_t = 1 + 0,0005435 t + 0,000001320 t^2.$$

t° C.	Volum.	t° C.	Volum.	t° C.	Volum.
5	1,002750	40	1,023852	75	1,048187
10	05567	45	27130	80	51928
15	08449	50	30475	85	55734
20	11398	55	33885	90	59606
25	14412	60	37362	95	63545
30	17493	65	40904	100	67550
35	20639	70	44513	105	71520

t° .	Q_1 .	Q_2 .
0	0,000543	0,000543
50	675	655
100	807	757

Die Beobachtungen zwischen 15° und 103° nur in geringer Anzahl, da auch die Synaphie nur gelegentlich bestimmt ward.

10) Kalilösung. Spec. Gewicht = 1,2738 bei 0°.

$$V_t = 1 + 0,0004150 t + 0,000000577 t^2.$$

t° C.	Volum.	t° C.	Volum.	t° C.	Volum.
5	1,002083	40	1,017522	75	1,034369
10	04208	45	19843	80	36891
15	06355	50	22192	85	39442
20	08531	55	24570	90	42022
25	10736	60	26976	95	44631
30	12969	65	29401	100	47268
35	15232	70	31876		

t°	Q_1	Q_2
0	1,000415	1,000415
50	0473	0463
100	0530	0501

Die Beobachtungen zwischen 13° und 101° . Der Gang ist also fast linear.

Die Coëfficienten sowohl von t als von t^2 sind also bei allen diesen Körpern positiv. Bei dem Wasser wird der erste bekanntlich in niedrigen Temperaturen negativ; aber der Coëfficient von t^2 behält auch dann, so wie überhaupt bei allen bis jetzt untersuchten Körpern seinen positiven Werth. Stellt man die Grade der Temperatur so, daß das Volumen der Luft, von der Abweichung vom Boyle'schen Gesetze abgesehen, sich durch

$$V_t = 1 + A V_t$$

ausdrücken läßt, so wird daher bei allen Körpern, die man kennt, das Wasser nicht ausgenommen, der Quotient $[Q_1]$ mit der Temperatur steigen.

Frier- und Siedpunkte üben auf den Gang der Ausdehnung gar keinen Einfluß aus. Es ist eine völlig unbegründete Meinung, daß die Veränderung, welche das Volum eines Körpers im Moment des Erstarrens erfährt, sich auch noch auf höhere Temperaturen ausdehne. Die Ausdehnung des Wassers unter 4° C. geht ganz ungestört weit unter den Frierpunkt hinab, und die Intensität derselben steht der starken Ausdehnung, die das Frieren selbst hervorbringt, weit nach. Das sich durch Frieren stark zusammenziehende Quecksilber zieht sich von 150° an fast ganz gleichförmig zusammen, ohne in der Nähe seines Frierpunktes die geringste Spur einer Beschleunigung zu zeigen. Daß auch die Synaphie von dem Frierpunkt unberührt bleibt, habe ich früher nachgewiesen.

Der Siedpunkt ist eigentlich eine für die Flüssigkeit selbst zufällige Temperatur. Eine jede kann unter gewissen Umständen zum Siedpunkte werden. Eine Theorie, die den

Siedpunkt in Verbindung mit den Eigenschaften der Flüssigkeit selbst betrachtet, ist daher, wenn man es streng nehmen will, unzulässig. Man müßte an seiner Stelle die Elasticität des Dampfes nehmen. Aber diese Elasticität ist eine ziemlich verwickelte, und daher bis jetzt nach ihren Gesetzen noch wenig bekannte Erscheinung. Ich halte es für wahrscheinlich, daß eine das Gesetz der Elasticität ausdrückende Formel, die in ihren Hauptzügen offenbar eine exponentielle Function der Temperatur ist, einen Factor enthalte, welcher dem specifischen Gewichte direct proportional ist. Aber sie hängt außerdem von einer bis jetzt nicht meßbaren GröÙe ab, bei dem Wasserdampfe von der Hygroskopie der Gefäßwände, bei anderen Dämpfen von einer analogen Ursache, für welche die Physik noch keinen passenden Ausdruck hat, nämlich der Fähigkeit fremder, fester oder flüssiger Körper, die Dämpfe noch vor ihrem Sättigungspunkte an ihrer Oberfläche oder in ihren Poren zu condensiren. Diese zweite Ursache ist es namentlich, welche die Entdeckung der wahren Gesetze der Dampfelasticität verhindert hat. Vielleicht würde die genaue Kenntniß der Elasticität des Quecksilberdampfes, die man, ungeachtet der Beobachtungen von Avogadro, als unbekannt ansehen muß, zur Kenntniß des wahren, nicht mit Interpolationsformeln zu verwechselnden Naturgesetzes führen.

Die Vergleichung der Intensität der Ausdehnung und des Grades ihrer Gleichförmigkeit mit den übrigen Eigenschaften der Körper würde noch zu manchen interessanten Ergebnissen führen. Ich würde aber dann auf die sämtlichen Beobachtungen dieser Art, namentlich auf die zahlreichen und genauen, welche Pierre seit Kurzem angestellt hat, zurückgehen müssen, und dieses würde hier, wo ich die Ausdehnung durch Wärme bloß als Hilfsmoment bei der Berechnung der Synaphie betrachten wollte, zu weit führen.

IV. *Ueber eine Vereinfachung des Heliostats; von C. A. Grüel in Berlin.*

Die Ausführung eines Heliostats von der bisher bekannten ziemlich complicirten Einrichtung ist, wenn daran nothwendig die Anforderung der genauen, sorgfältigsten Arbeit als Bedingung für die Brauchbarkeit dieses Werkzeugs gemacht werden muß, eben so schwierig als kostspielig. — Andererseits führen so manche höchst interessante Versuche, nicht minder die neuen zur Bereicherung der Lehre und Kenntniss vom Licht und der Wärme beitragenden Untersuchungen, bei welchen man eines, wenigstens für die Dauer des Versuchs nahezu feststehenden Lichtstrahls bedarf, gegenwärtig häufiger das Bedürfniss herbei, das erwähnte Instrument in Anwendung zu bringen, dessen Vereinfachung daher nicht unerwünscht seyn kann.

Das von August (in s. Bearb. d. Fischer'schen Lehrb. d. mech. Naturlehre, Th. II) erläuterte Princip eines einfacheren Heliostats gab mir Veranlassung, bereits anfangs d. J. die Herstellung eines solchen nach der dort ausgesprochenen Idee zu versuchen, um so mehr, als es mir möglich schien, die dadurch gewonnene Vereinfachung, namentlich in Bezug auf die mechanische Einrichtung, mit einigen, wie ich glaubte, nicht unerheblichen Vortheilen, noch vollständiger erreichen zu können.

Die Aufgabe, welche bei dem neuen Instrument zu lösen ist, besteht darin: eine Axe, welche den metallenen Planspiegel trägt, dessen Ebene parallel dieser Axe seyn muß, zuerst genau in die Richtung der Weltaxe einstellen zu können, so, daß der Winkel, den sie mit dem Horizont bildet, allemal gleich sey der Polhöhe des Beobachtungsortes; ferner dieser Axe durch ein Uhrwerk solche gleichmäßige und drehende Bewegung zu ertheilen, bei welcher sie innerhalb 24 Stunden gerade *eine halbe* Umdrehung *im Sinne* der täglichen scheinbaren Bewegung der Sonne

vollendet. Wenn, nach geschehener Orientirung des Heliostats, das Uhrwerk den Spiegel bewegt, und dieser gleich Anfangs so gestellt wurde, daß der von ihm zurückgeworfene Sonnenstrahl eine für den beabsichtigten Versuch bequeme Richtung erhielt, so bleibt fortan diese Richtung, der weiter rückenden Sonne ungeachtet, unverändert dieselbe; ein Erfolg, welcher nothwendig eintreten muß und leicht erklärlich wird, wenn man sich des Verhältnisses erinnert, in welchem ein reflectirter Strahl fortschreitet, wenn in einem Fall der Spiegel ruht, der ihn treffende Strahl aber seine Richtung ändert; in einem anderen Fall aber der Spiegel sich dreht und der ihn treffende Lichtstrahl unverändert bleibt. — Angenommen, hier und dort geschehen die beiden Bewegungen mit gleicher Winkelgeschwindigkeit, so rückt in dem zuletzt bemerkten Fall der reflectirte Strahl doppelt so rasch weiter, als im ersteren.

Vermöge der täglichen Bewegung der Sonne würde der reflectirte Strahl, wenn der Spiegel ruhte, innerhalb einer Stunde 15° nach einer dem Sonnenlauf entgegengesetzten Richtung zurücklegen. Durch die drehende Bewegung des Spiegels aber, welche in einer Stunde $7^{\circ} \frac{1}{2}$ beträgt, wird er in dieser Zeit um 15° nach einer mit dem Sonnenlauf übereinstimmenden Richtung bewegt. Da nun einerseits die Sonne, andererseits der Gang des Instruments beide Bewegungen, mithin deren entgegengesetzten Erfolge gleichzeitig hervorbringt, so muß hieraus für den reflectirten Sonnenstrahl der absolute Stillstand resultiren.

Es ist unnöthig, auf die Aenderung der Declination der Sonne Rücksicht zu nehmen, weil die daraus entspringende Ungenauigkeit in der kurzen Zeit des Versuchs zu unbedeutend ist. Die einzige Beschränkung, welche bei Anwendung dieses Apparats fühlbar werden könnte, liegt darin, daß er den Lichtstrahl nicht, wie die älteren viel zusammengesetzteren Heliostaten, nach jeder beliebigen Richtung zu lenken gestattet; indem die dem Experimentator zur Verfügung stehenden Strahlen ausschließlich in der Oberfläche eines Kegels liegen, dessen Spitze der Spiegel bildet und

dessen Basis durch die eben statthabende Declination der Sonne bestimmt ist. Dieser Umstand ist jedoch meistens nicht störend, da von den vielen in jeder Kegelhülle liegenden Strahlen durch Stellung des Spiegels derjenige ausgewählt werden kann, welcher sich den Localitäts Verhältnissen und dem Versuch am besten anpaßt. Uebrigens würde durch Hinzufügung eines zweiten Spiegels nöthigenfalls auch jede gewünschte Richtung zu erzielen seyn.

Anlangend nun die von mir getroffene Abänderung und Vereinfachung, so habe ich von den wenigen wesentlichen Stücken, aus welchen der neue Apparat besteht, auch noch das Uhrwerk hinweggenommen, indem sowohl aus mechanischen als ökonomischen Gründen ein Vortheil daraus entsteht, wenn dieses nicht unmittelbar mit dem Instrument verbunden und sogar ganz entbehrlich wird, insofern der Zweck dieses Uhrwerks mit Hülfe jeder gewöhnlichen Taschen-Cylinderuhr, die doch überall zu Gebot steht, erreicht werden könnte.

Eine Spindeluhr ist für den erwähnten Zweck nicht anwendbar, da in der Regel die Axe des Minutenzeigers beim Zifferblatt hervortritt und für die einmal von mir getroffene Einrichtung eine Drehung nach einer falschen Richtung eintreten würde. Mein Helostat besteht nämlich aus dem an einer drehbaren Axe befestigten Metallspiegel und einer Verbindung von drei Rädern, welche mit Hülfe konischer Getriebe zuletzt auf diese Drehungsaxe wirken und sie in der früher erwähnten Geschwindigkeit, man könnte sagen: Langsamkeit, bewegen. Das Ganze ruht auf einem länglichen mit Stellschrauben versehenen Brett; die Räderverbindung, innerhalb einer leichten messingnen Zarge ungefähr $1\frac{5}{8}$ " über dem Brett angebracht, ist in hohem Grade einfach, und wird getrieben durch die Axe des Minutenzeigers der geöffneten und auf einem verstellbaren Support liegenden Cylinderuhr. Das erste Rad hat an dem unteren Ende seiner Axe ein an zwei Gelenken befestigtes Canon, welches sich durch Höherstellen des Supports mit der Uhr leicht in Verbindung bringen läßt und zugleich die etwa

nicht vollkommen centrische Lage der Uhr unter dem Rade unschädlich macht. Die kleinste und schwächste Uhr wird im Stande seyn, ohne die mindeste Störung ihres Ganges diesen Dienst zu verrichten, was erprobt und auch begreiflich ist, wenn man bedenkt, daß ihre Bewegung mit 48maliger Verlangsamung auf den Spiegel übertragen wird, und zwar mit einem bedeutenden, aus den einfachsten Sätzen der Mechanik erklärlichen Kraftgewinn. — Diejenigen Uhrwerke, welche nicht permanent im Gange gehalten, vielleicht auch nicht so vollkommen verschlossen werden können, daß nicht Staub oder die Verdickung des Oels an den Zapfen nach längerer Zeit einen hemmenden Einfluß üben sollten, pflegen zuweilen nach gehabten Ferien den gewünschten Dienst zu versagen; die Anwendung der Taschenuhr beseitigt auch diesen Uebelstand, und in welchem geringeren Grade ein etwa fehlerhafter Gang derselben, von angenommenen 5 Minuten täglich, die Richtung des reflectirten Strahls alterirt, ergiebt sich aus der Berechnung, daß die Differenz nach Verlauf einer Stunde nur $0,052^\circ$ beträgt. Wichtiger für die constante Richtung des Strahls ist die mit aller Sorgfalt vorzunehmende Aufstellung und Orientirung des Instruments, welche, wenn sie einmal geschehen ist, in ferneren Fällen durch nicht schwierig zu findende Hilfsmittel leicht wieder bewerkstelligt werden kann.



*VI. Vom dynamischen Gleichgewicht der Elektrizität
in einem Körper und im unbegrenzten Raum;
von Dr. W. Smaasen in Utrecht.*



In einer ersten Abtheilung, die in diese Annalen (Bd. 69 S.161) eingerückt ist, haben wir die Fundamentalgleichungen gegeben, die zum dynamischen Gleichgewichte der Elektrizität in einer Ebene und einem Körper nothwendig sind. Dieser Gleichungen sind drei: 1) diejenige, welche ausdrückt, daß irgend ein unendlich kleiner Raum von gleichen

Elektritätsmengen in entgegengesetzten Richtungen durchlaufen wird; 2) diejenige, welche ausdrückt, daß die Bedingung der Grenzen erfüllt ist, d. h. daß die krummen Linien oder Flächen gleicher Spannung die Gränzcurve der Ebene oder die Oberfläche des Körpers rechtwinklich schneiden; 3) diejenige, durch welche die Spannung der Elektroden definirt ist. Wir haben von der Aufgabe des dynamischen Gleichgewichts der Elektrizität in einer unbegrenzten Ebene die Auflösung gegeben; die gegenwärtige Abhandlung enthält die Anwendungen der Formeln auf das dynamische Gleichgewicht der Elektrizität in einem Körper und besonders im unbegrenzten Raum.

I. Von der Vertheilung der Elektrizität in einem Körper und im unbegrenzten Raum.

§. 1. Wir beginnen mit der Untersuchung des dynamischen Gleichgewichts der Elektrizität im unbegrenzten Raume, wenn sie nur aus einer einzigen Quelle entspringt. Sey M (Fig. 6 Taf. I) der Mittelpunkt der Kugel, durch deren Oberfläche die Elektrizität sich in den Raum verbreitet. Wir wählen diesen Punkt zum Centrum der Coordinatebenen. Setzen wir den Radius dieser Kugel $= \rho$ und die Spannung der Elektrizität auf ihrer Oberfläche $= \mu$. Offenbar wird sich die Elektrizität auf eine symmetrische Weise um den Punkt M verbreiten, so daß die Spannung an allen Punkten auf der Oberfläche einer Kugel, deren Centrum in M ist, gleich seyn wird. Um für diesen Fall die Gleichung des dynamischen Gleichgewichts aufzustellen, beschreiben wir um M als Centrum zwei Kugeln, deren Radien r und $r + dr$ sind. Seyen $abcd$ und $a'b'c'd'$ zwei sphärische Vierseite, eingeschlossen von demselben sphärischen Winkel ω , so wird man, wenn man die Elektricitätsfluth durch die Einheit der Oberfläche $= \Gamma$, die Spannung der Elektrizität in einem Punkt $x, y, z = \varphi$, und die Leitungsfähigkeit des Raumes $= k$ setzt, ¹⁾ haben

$$\Gamma = -k \left\{ \frac{d\varphi}{dx} \frac{x}{r} + \frac{d\varphi}{dy} \frac{y}{r} + \frac{d\varphi}{dz} \frac{z}{r} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

1) Ann. Bd. 69 S. 162.

Die das Vierseit $a b c d$ durchlaufende Elektricitätsmenge wird seyn $= I r^2 w$ und die $a' b' c' d'$ durchlaufende $= (I + dI)(r + dr)^2 w$, und da es für das dynamische Gleichgewicht nothwendig ist, daß diese beiden Gröfsen gleich seyen, so wird man haben:

$$r^2 dI + 2r I dr = 0 \text{ also } I = -\frac{\alpha k}{r^2},$$

wenn man durch α die Integrationsconstante bezeichnet. Substituirt man diesen Werth in der Gleichung (1), so findet man:

$$x \frac{d\varphi}{dx} + y \frac{d\varphi}{dy} + z \frac{d\varphi}{dz} = \frac{\alpha}{r},$$

aber $x^2 + y^2 + z^2 = r^2$ und

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{d\varphi}{dr} \cdot \frac{dr}{dx} = \frac{x}{r} \frac{d\varphi}{dr}, \quad \frac{d\varphi}{dy} = \frac{y}{r} \frac{d\varphi}{dr}, \quad \frac{d\varphi}{dz} = \frac{z}{r} \frac{d\varphi}{dr},$$

mithin hat man nach Substitution dieser Werthe:

$$\frac{d\varphi}{dr} = \frac{\alpha}{r^2} \text{ und } \varphi = -\frac{\alpha}{r} + \alpha',$$

wo α' eine neue Constante ist.

Man hätte diese nämliche Formel direct aus der vorhin gegebenen Formel (1) ableiten können¹⁾, d. h.

$$\frac{d^2\varphi}{dx^2} + \frac{d^2\varphi}{dy^2} + \frac{d^2\varphi}{dz^2} = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

was der Ausdruck des dynamischen Gleichgewichts der Elektricität ist. Da nun

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{x}{r} \frac{d\varphi}{dr},$$

so hat man:

$$\frac{d^2\varphi}{dx^2} = \frac{x^2}{r^2} \frac{d^2\varphi}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\varphi}{dr} - \frac{x^2}{r^3} \frac{d\varphi}{dr}$$

$$\frac{d^2\varphi}{dy^2} = \frac{y^2}{r^2} \frac{d^2\varphi}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\varphi}{dr} - \frac{y^2}{r^3} \frac{d\varphi}{dr}$$

$$\frac{d^2\varphi}{dz^2} = \frac{z^2}{r^2} \frac{d^2\varphi}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\varphi}{dr} - \frac{z^2}{r^3} \frac{d\varphi}{dr},$$

nimmt man dieß- und jenseits die Summe und setzt man, vermöge der Gleichung (2), das erste Glied gleich Null, so findet man

$$\frac{d^2\varphi}{dz^2} + \frac{2}{r} \frac{d\varphi}{dr} = 0,$$

woraus man leicht den Ausdruck von φ herleitet.

1) Ann. Bd. 69 S. 162.

§. 2. Nun wollen wir annehmen, ein Volta'scher Strom verbreite sich in den Raum durch die Oberfläche zweier Kugeln, deren Abstand $= 2a$ sey. Nehmen wir zur Axe der x die Gerade, welche die Mittelpunkte der beiden Elektroden verbindet; zu Axen der y und z wählen wir die Linien, die den Abstand der beiden Elektroden in zwei gleiche Theile theilen. Sey φ' die Spannung des Punktes x, y, z vermöge der bloßen Wirkung der Elektricität, die er durch die erste Elektrode empfängt, und eben so φ'' die Spannung desselben Punkts vermöge der bloßen Wirkung der zweiten Elektrode, und Φ die Spannung dieses Punkts durch Wirkung des Volta'schen Stroms oder durch gleichzeitige Wirkung beider Elektroden; dann hat man

$$\varphi' = - \frac{a}{\sqrt{(x-a)^2 + y^2 + z^2}} + \alpha'$$

$$\varphi'' = - \frac{a}{\sqrt{(x+a)^2 + y^2 + z^2}} + \alpha'.$$

Vermöge eines in der früheren Abhandlung angegebenen Theorems ¹⁾ wird nun die Spannung Φ eine lineare Function der Spannungen φ' und φ'' seyn, also:

$$\Phi = \frac{\beta}{\sqrt{(x-a)^2 + y^2 + z^2}} + \frac{\beta'}{\sqrt{(x+a)^2 + y^2 + z^2}} + \beta''.$$

Da aber Φ verschwinden muß, wenn x oder y oder $z = \infty$, so muß die Constante β'' gleich Null seyn. Die Constanten β und β' werden bestimmt durch die Bedingungen:

$$\Phi = \mu \text{ wenn } (x-a)^2 + y^2 + z^2 = \rho^2$$

$$\Phi = -\mu \text{ wenn } (x+a)^2 + y^2 + z^2 = \rho^2.$$

Da wir aber hier, wie in der Folge, voraussetzen, daß der Radius ρ der Elektroden sehr klein sey gegen den Abstand $2a$, so wird man die Größen von der Ordnung ρ^2 vernachlässigen können, also:

$$\frac{\beta}{r} + \frac{\beta'}{2a} = \mu, \quad \frac{\beta}{2a} + \frac{\beta'}{\rho} = -\mu,$$

woraus sich ergibt: $\beta = -\beta' = \rho \mu$. Also hat man für die Spannung des Punktes x, y, z durch den Einfluß des Volta'schen Stroms:

1) Ann. Bd. 69 S. 166.

$$\Phi = q \mu \left\{ \frac{1}{\sqrt{(x-a)^2 + y^2 + z^2}} - \frac{1}{\sqrt{(x+a)^2 + y^2 + z^2}} \right\} \dots (3)$$

§. 3. Die Gleichung der Flächen der elektrischen Ströme kann folgendermaßen construiert werden. Man lege durch die Axe der x eine Ebene, welche die Oberfläche des Stroms in einer Curve schneidet, die in den beiden Elektroden endigt. Wenn diese Curve einen Umlauf um die Axe der x macht, so wird sie die Fläche des Stroms beschreiben, welche eine Umdrehungsfläche seyn wird. Die Richtung des Stroms in einem Punkt x, y, z wird bestimmt durch die Winkel ϑ und γ ('). Sey ψ der Winkel, den diese Richtung mit der Axe der x bildet, so hat man:

$$\begin{aligned} \cos \psi = \cos \vartheta \cos \gamma &= \frac{\frac{d\varphi}{dx}}{\sqrt{\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dy}\right)^2}} \cdot \frac{\sqrt{\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dy}\right)^2}}{\sqrt{\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dy}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dz}\right)^2}} \\ &= \frac{\frac{d\varphi}{dx}}{\sqrt{\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dy}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dz}\right)^2}}. \end{aligned}$$

Sey $R^2 = y^2 + z^2$, so hat man

$$\frac{d\varphi}{dy} = \frac{y}{R} \frac{d\varphi}{dR}, \quad \frac{d\varphi}{dz} = \frac{z}{R} \frac{d\varphi}{dR}$$

also

$$\left(\frac{d\varphi}{dz}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dy}\right)^2 = \left(\frac{d\varphi}{dR}\right)^2$$

und substituirt man diesen Werth in dem Ausdruck von $\cos \psi$, so findet man:

$$\cos \psi = \frac{\frac{d\varphi}{dx}}{\sqrt{\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dR}\right)^2}} \quad \text{u.} \quad \tan \psi = \frac{\frac{d\varphi}{dR}}{\frac{d\varphi}{dx}}.$$

Allein man hat auch

$$\tan \psi = \frac{dR}{dx}, \quad \text{mithin} \quad \frac{dR}{dx} = \frac{\frac{d\varphi}{dR}}{\frac{d\varphi}{dx}},$$

und substituirt man in dieser Gleichung die aus §. 2 her-

vorgehenden Werthe von $\frac{d\varphi}{dR}$ und $\frac{d\varphi}{dx}$, so findet man die Differentialgleichung:

$$\frac{dR}{dx} = \frac{-\frac{R}{[R^2 + (x-a)^2]^{\frac{3}{2}}} + \frac{R}{[R^2 + (x+a)^2]^{\frac{3}{2}}}}{-\frac{x-a}{[R^2 + (x-a)^2]^{\frac{3}{2}}} + \frac{x+a}{[R^2 + (x+a)^2]^{\frac{3}{2}}}},$$

welche folgendermaßen geschrieben werden kann:

$$\frac{R dx - (x+a) dR}{[R^2 + (x+a)^2]^{\frac{3}{2}}} = \frac{R dx - (x-a) dR}{[R^2 + (x-a)^2]^{\frac{3}{2}}},$$

oder vielmehr:

$$\frac{d \cdot \frac{x+a}{R}}{\left[1 + \left(\frac{x+a}{R}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}} = \frac{d \cdot \frac{x-a}{R}}{\left[1 + \left(\frac{x-a}{R}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}},$$

deren Integral ist:

$$\frac{x+a}{\sqrt{R^2 + (x+a)^2}} = \frac{x-a}{\sqrt{R^2 + (x-a)^2}} + c.$$

Zur Bestimmung von c hat $R = \rho \sin \vartheta$, wenn $x - a = \rho \cos \vartheta$, dabei bezeichnend mit ϑ den Winkel, welchen die Grade, die den Strom im Punkte seines Verlaufes in die Elektrode berührt, mit der Axe der x macht. Man wird $c = 1 + \cos \vartheta$ finden. Ersetzt man R^2 durch seinen Werth $y^2 + z^2$, so hat man als Gleichung für die Fläche der Ströme:

$$\frac{x+a}{\sqrt{(x+a)^2 + y^2 + z^2}} = \frac{x-a}{\sqrt{(x-a)^2 + y^2 + z^2}} + 1 + \cos \vartheta \dots (4).$$

§. 4. Wir haben vorhin die Bedingungen aufgestellt, welche für das dynamische Gleichgewicht der Elektrizität in einem Körper statthaben müssen. Die Bedingungen sind: 1) dafs irgend ein unendlich kleiner Raum des Körpers von gleichen Elektrizitätsmengen in entgegengesetzten Richtungen durchlaufen werden mufs; 2) dafs die Flächen gleicher Spannung winkelrecht seyn müssen auf der Gränzfläche des Körpers. Es ist also auch einleuchtend, dafs eine Formel $\Psi = f(x, y, z)$, die den obigen beiden Bedingungen genügt, die Spannung der Elektrizität vorstellen wird, weil das dynamische Gleichgewicht nicht auf zweierlei Weise stattfinden kann. Diese Bemerkung wird uns nützlich seyn, um das dynamische Gleichgewicht der Elektrizität in dem halben Raum und in einem Körper, der von einer durch

die Gleichung (4) definirten Oberfläche begrenzt ist, zu finden.

In der That, läßt man eine Ebene durch die Centra der beiden Elektroden gehen, so theilt dieselbe den Raum in zwei halbe Räume; ich setze voraus, es sey bloß der eine Theil aus einer leitenden Materie gebildet, in welche die Elektricität sich verbreiten kann. Die Elektroden werden also Halbkugeln seyn, aber es wird in den Halbraum dieselbe Elektricitätsmenge eintreten wie zuvor. In diesem Falle bleiben die Formeln (3) und (4) dieselben für die Spannung und die Flächen der Ströme in dem Halbraum. Denn die Formel (3) genügt der ersten Bedingung und auch der zweiten, denn erstens verschwindet die Spannung Φ , wenn man x oder y oder $z = \infty$ setzt, und zweitens sind die Flächen gleicher Spannung $\Phi = \text{const.}$ winkelrecht auf der Gränzfläche, welche durch die beiden Elektroden geht und den Raum theilt in einen Theil, der die Elektricität leitet, und in einen andern, der sie nicht leitet; denn die Flächen $\Phi = \text{const.}$ sind Umdrehungsflächen, deren Axe die Axe der x ist, während die erzeugende Curve

$$\frac{1}{\sqrt{y^2 + (x-a)^2}} - \frac{1}{\sqrt{y^2 + (x+a)^2}} = \text{const.}$$

die Axe der x rechtwinklich schneidet; daraus folgt, daß die erzeugte Fläche die Ebene der y, z oder die Gränzebene winkelrecht schneiden muß.

Setzen wir zweitens, daß ein Körper begrenzt sey durch eine Oberfläche, deren Gleichung ist:

$$\frac{x+a}{\sqrt{(x+a)^2 + y^2 + z^2}} = \frac{x-a}{\sqrt{(x-a)^2 + y^2 + z^2}} + c,$$

welche mit Gleichung (4) einerlei ist, und daß die Elektroden, deren Abstand $2a$ ist, auf der Umdrehungsaxe liegen, in gleichen Abständen vom Anfangspunkt der Coordinaten. Ich sage, daß noch in diesem Falle die Formel (3) die Spannung der Elektricität an irgend einem Punkt des Körpers geben wird. Offenbar wird der ersten Bedingung genügt, und auch der zweiten, denn die Gleichung der Fläche wird auch die Gleichung der Fläche des Gränzstroms seyn, mithin müssen auch die Flächen gleicher Spannung winkel-

recht seyn auf der Oberfläche der Körper, weil sie auf den Flächen der Ströme winkelrecht sind.

II. Von dem Widerstande des Raums gegen die Elektricität.

§. 5. Schreiten wir zur Untersuchung des Leitungswiderstandes in einem Umdrehungskörper für den Fall, daß die Elektroden in der Umdrehungsaxe, d. h. der Axe der x liegen, und daß die Ebene, welche den Abstand der Elektroden in zwei gleiche Theile theilt, nämlich die Ebene der yz , den Körper in zwei diefs- und jenseits dieser Ebene symmetrisch liegende Theile zerschneide.

Sey $\varphi(x, R) = 0$ die erzeugende Curve, welche durch ihre Umdrehung um die Axe der x die Fläche der Ströme erzeugt; die Gleichung dieser Fläche wird also seyn

$$\varphi(x, \sqrt{y^2 + z^2}) = 0.$$

Suchen wir nun zunächst den Widerstand, der zwischen zwei auf einander folgenden Flächen von elektrischen Strömen stattfindet. Der Widerstand wird gleich seyn der Summe der partiellen Widerstände der Elemente dieses Raums. Der partielle Widerstand wird proportional seyn direct der Länge dieses Elements und umgekehrt dem Querschnitt desselben. Seyen Fig. 7 Taf. I AB und $A'B'$ zwei unendlich nahe erzeugende Linien, welche von den erzeugenden Linien ac und bd rechtwinklich geschnitten werden. Laßt man dieses System sich um die Axe der x drehen, so werden die Linien AB und $A'B'$ den Raum zwischen zwei einander folgenden Stromflächen erzeugen, während die Linien ac und bd die Flächen gleicher Spannung erzeugen. Die unendlich kleinen Linien ac und bd werden also winkelrecht seyn auf ab und cd , und man wird ac als Theil der Normale zwischen AB und $A'B'$ nehmen können. Der Querschnitt wird die Fläche eines abgestumpften Kegels seyn, der den mit dem Radius R um die Axe der x beschriebenen Kreis zur Grundfläche und die Linie ac zur Kante hat. Man findet auch, daß der Widerstand der durch Umdrehung des Rechtecks $abcd$ um die Axe der x erzeugten Figur gleich ist:

$$\frac{k \times ab}{2\pi R \times ac} \quad \dots \quad (1)$$

wenn k der Widerstand des Körpers bezeichnet, dessen Querschnitt und Länge $= 1$ sind.

Sey nun $\psi - b = 0$ die Gleichung der Fläche gleicher Spannung, die durch den Punkt a geht, dessen Coordination x und R sind; b bezeichnet den Parameter, der, wenn man von einer Fläche zu einer anderen, ihr unendlich nahen übergeht, variirt. Sei $\varphi - c$ die Gleichung der durch denselben Punkt x, R gehenden Stromfläche, wo c den variablen Parameter bezeichnet. Wir betrachten die Parameter b und c als variabel; der Calcul wird zeigen, daß diese Wahl die Aufgabe merkwürdig vereinfachen wird.

Seyen x, R die Coordinaten des Punktes a ; $x + \delta x$ und $R + \delta R$ die des Punktes b ; $x + \Delta x$ und $R + \Delta R$ die des Punktes c , so hat man:

$$ab = \sqrt{\delta x^2 + \delta R^2}, \quad ac = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta R^2}.$$

Man wird vom Punkte a zum Punkte b übergehen, wenn man x, R und b variiren läßt, während c constant bleibt; man hat sodann:

$$\frac{d\psi}{dx} \delta x + \frac{d\psi}{dR} \delta R - db = 0; \quad \frac{d\varphi}{dx} \delta x + \frac{d\varphi}{dR} \delta R = 0,$$

aus welchen sich ergibt:

$$\delta x = \frac{-\frac{d\varphi}{dR} db}{\frac{d\psi}{dR} \frac{d\varphi}{dx} - \frac{d\psi}{dx} \frac{d\varphi}{dR}}; \quad \delta R = \frac{\frac{d\varphi}{dx} db}{\frac{d\psi}{dR} \frac{d\varphi}{dx} - \frac{d\psi}{dx} \frac{d\varphi}{dR}}$$

und

$$ab = \sqrt{\delta x^2 + \delta R^2} = \frac{db \sqrt{\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dR}\right)^2}}{\frac{d\psi}{dR} \frac{d\varphi}{dx} - \frac{d\psi}{dx} \frac{d\varphi}{dR}}.$$

Eben so wird man vom Punkt a zum Punkt c übergehen, wenn man x, R, c variiren läßt und b constant setzt; dann hat man:

$$\frac{d\psi}{dx} \Delta x + \frac{d\psi}{dR} \Delta R = 0; \quad \frac{d\varphi}{dx} \Delta x + \frac{d\varphi}{dR} \Delta R - dc = 0,$$

woraus man findet:

$$\Delta x = \frac{\frac{d\psi}{dR} dc}{\frac{d\psi}{dR} \frac{d\varphi}{dx} - \frac{d\psi}{dx} \frac{d\varphi}{dR}}; \quad \Delta R = \frac{-\frac{d\psi}{dx} dc}{\frac{d\psi}{dR} \frac{d\varphi}{dx} - \frac{d\psi}{dx} \frac{d\varphi}{dR}}$$

und

$$a c = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta R^2} = \frac{d c \sqrt{\left(\frac{d \psi}{d x}\right)^2 + \left(\frac{d \psi}{d R}\right)^2}}{\frac{d \psi}{d R} \frac{d \varphi}{d x} - \frac{d \psi}{d x} \frac{d \varphi}{d R}}.$$

Durch Substitution dieser Werthe verwandelt sich die Formel (1) in:

$$\frac{k}{2 \pi R} \sqrt{\frac{\left(\frac{d \varphi}{d R}\right)^2 + \left(\frac{d \varphi}{d x}\right)^2}{\left(\frac{d \psi}{d R}\right)^2 + \left(\frac{d \psi}{d x}\right)^2}} \cdot \frac{d b}{d c}.$$

Der Widerstand W des Raums zwischen den beiden aufeinanderfolgenden Stromflächen wird also gegeben seyn durch:

$$W = \frac{k}{2 \pi d c} \int \frac{1}{R} \sqrt{\frac{\left(\frac{d \varphi}{d R}\right)^2 + \left(\frac{d \varphi}{d x}\right)^2}{\left(\frac{d \psi}{d R}\right)^2 + \left(\frac{d \psi}{d x}\right)^2}} \cdot d b.$$

Nimmt man als Gränzen des Integrals das Maximum und das Minimum des Werthes von b , so wird man den Werth von W verdoppeln müssen und somit haben;

$$W = \frac{k}{\pi d c} \int_{b_0}^{b_1} \frac{1}{R} \sqrt{\frac{\left(\frac{d \varphi}{d R}\right)^2 + \left(\frac{d \varphi}{d x}\right)^2}{\left(\frac{d \psi}{d R}\right)^2 + \left(\frac{d \psi}{d x}\right)^2}} \cdot d b.$$

Der gesammte Widerstand L des Körpers wird, vermöge eines in der früheren Abhandlung angeführten Theorems ¹⁾, gegeben seyn durch die Formel:

$$\frac{1}{L} = \frac{\pi}{k} \int \int_{b_0}^{b_1} \frac{d c}{R \sqrt{\frac{\left(\frac{d \varphi}{d R}\right)^2 + \left(\frac{d \varphi}{d x}\right)^2}{\left(\frac{d \psi}{d R}\right)^2 + \left(\frac{d \psi}{d x}\right)^2}}} d b.$$

Man nimmt zur unteren Gränze von c den Werth von c , welcher mit $\vartheta = 0$ correspondirt, und zur oberen Gränze von c den Werth von c , welches dem Maximumwerth von ϑ entspricht. Im Fall des unbegrenzten Raumes

1) Ann. Bd. 69 S. 179.

entsprechen die beiden Gränzen von c den Werthen $\vartheta = 0$ und $\vartheta = \pi$.

§. 6. Wenden wir nun diese Formel auf den Widerstand des unbegrenzten Raumes an. In diesem Falle wird man haben:

$$\psi - b = \frac{1}{\sqrt{(x-a)^2 + R^2}} - \frac{1}{\sqrt{(x+a)^2 + R^2}} - b = 0$$

$$\varphi - c = \frac{x+a}{\sqrt{(x+a)^2 + R^2}} - \frac{x-a}{\sqrt{(x-a)^2 + R^2}} - c = 0$$

und also durch Differation finden:

$$\frac{d\varphi}{dR} = \frac{R(x-a)}{[R^2 + (x-a)^2]^{\frac{3}{2}}} - \frac{R(x+a)}{[R^2 + (x+a)^2]^{\frac{3}{2}}}$$

$$\frac{d\varphi}{dx} = \frac{R^2}{[R^2 + (x+a)^2]^{\frac{3}{2}}} - \frac{R^2}{[R^2 + (x-a)^2]^{\frac{3}{2}}}$$

$$\frac{d\psi}{dR} = \frac{R}{[R^2 + (x-a)^2]^{\frac{3}{2}}} - \frac{R}{[R^2 + (x+a)^2]^{\frac{3}{2}}}$$

$$\frac{d\psi}{dx} = \frac{x+a}{[R^2 + (x+a)^2]^{\frac{3}{2}}} - \frac{(x-a)}{[R^2 + (x-a)^2]^{\frac{3}{2}}}$$

Leicht verificirt man die Bedingungen:

$$\frac{d\varphi}{dR} = -R \frac{d\psi}{dx}, \quad \frac{d\varphi}{dx} = -R \frac{d\psi}{dR},$$

also:

$$\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dR}\right)^2 = R^2 \left[\left(\frac{d\psi}{dx}\right)^2 + \left(\frac{d\psi}{dR}\right)^2\right]$$

und der Ausdruck von W reducirt sich auf den sehr einfachen:

$$W = \frac{k}{\pi dc} \int_{b^0}^{b_1} db = \frac{k}{\pi dc} (b_1 - b_0). \quad 1)$$

1) Will man den Widerstand in Function der rechtwinklichen Coordinaten x und R ausdrücken, so findet man leicht:

$$W = \frac{k}{\pi db} \int_{\varrho \sin \vartheta}^{R'} \frac{\left(\frac{dF}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dF}{dR}\right)^2}{R \frac{dF}{dx} \frac{dF}{d\vartheta}} dR,$$

worin F die Gleichung der Stromfläche bezeichnet. Die Integrationsgränzen sind $R = \varrho \sin \vartheta$ und der Werth von $R = R'$, welchen man erhält, wenn man $x = 0$ setzt. Man muß sich hüten Null für die untere Gränze zu nehmen, denn in diesem Fall würde man die GröÙe

Ueber den Widerstand der Erde gegen Volta'sche Ströme.

Mehre Physiker sind bemüht gewesen, den Widerstand, welchen die Erde dem Durchgange eines Volta'schen Stromes entgegenstellt, zu bestimmen. Die Lösung dieser Aufgabe ist nicht ohne Interesse, seitdem man sich des Erdbodens bei galvanischen Telegraphen als eines Theils der Kette bedient. Herr Jacobi hat zuerst anerkennenswerthe Bemühungen gemacht, auch hat er gefunden, daß der Widerstand der Erde, wenn nicht Null, doch wenigstens sehr klein sey ¹⁾. Andererseits hat Herr Matteucci Versuche zur Bestimmung dieses Widerstandes angestellt ²⁾. Er hat die Stärke des Stromes gemessen, als der Abstand der Platten, die in Wasser getaucht waren, 15, 210, 250 und 2400 Meter betrug, und da in allen diesen Fällen die Stärke des Stroms dieselbe blieb, so hat er daraus gefolgert, der Widerstand der Erde sey Null ³⁾. Dieser Schluß ist aber offenbar falsch, denn das Resultat kann nicht abweichen von dem: »daß der Widerstand der Erde für jeglichen Abstand der Elektroden constant sey.«

Wir haben die mathematische Analyse auf den Fall angewandt, wo der galvanische Strom einen Raum durchläuft, der einerseits von einer die Elektroden enthaltenen Ebene begränzt, und andererseits unendlich ist. Der Cal-

der Elektroden vernachlässigen, und das Integral würde unendlich werden, weil der Querschnitt eine unendlich kleine Größe zweiter Ordnung würde, wenn die Länge des Elements von erster Ordnung wäre. Das Integral W würde sich mit Hülfe der elliptischen Functionen dreier Arten ausdrücken und die folgende Integration noch ϑ würde nicht ausführbar seyn wegen der Complication der transcendenten Functionen, die unter das Integralzeichen kämen.

1) Ann. Bd. 68 S. 423.

2) *L'Institut*, No. 545.

3) *Archives de l'électricité*, par Mr. de la Rive, No. 17 p. 157. — Matteucci behauptet gefunden zu haben, daß der Widerstand der Erde negativ sey. Wir begreifen nicht, wie es möglich war, ein solches Resultat zu veröffentlichen; es hat keinen Sinn und kann nur Beobachtungsfehlern oder der Vernachlässigung irgend eines besonderen Umstandes, z. B. der Polarisation der Platten, zugeschrieben werden.

cul hat uns gelehrt, daß man ringsum die Elektroden krumme Flächen ziehen kann, welche die Eigenschaft besitzen, daß die Spannung der auf ihnen befindlichen Elektrizität für alle ihre Punkte constant ist. Von einer Elektrode zur andern begiebt sich die Elektrizität in krummen Linien, welche die Flächen gleicher Spannung rechtwinklich schneiden. Der Raum, welchen die Elektrizität durchläuft, wird eigentlich nicht eine krumme Linie seyn, sondern ein Raum, beschrieben durch ein Rechteck von veränderlicher GröÙe und unendlicher Kleinheit, welches an diese Curve fortgleitet. Die Elektrizität durchläuft also eine Unendlichkeit solcher Räume, die alle an den Elektroden endigen. Die Rechnung hat uns gezeigt, daß der Widerstand jedes dieser Räume im umgekehrten Verhältniß des Radius der hier als sphärisch vorausgesetzten Elektroden steht und unabhängig von ihrem Abstände ist. Ueberdies wird der Widerstand des Raumes gleich seyn:

$$\frac{k}{2 \pi \rho} = \frac{\frac{1}{2} q k}{\pi \rho^2}.$$

Fast dasselbe Resultat giebt die Analyse für den Widerstand eines Körpers, der begränzt ist einerseits durch eine ebene Fläche, in welcher die Elektroden befindlich sind, und andererseits durch eine krumme Fläche von eigenthümlicher Form und gleichen Querdimensionen mit der Erde. Wir sind also zu dem Schlusse berechtigt, daß für einen Körper von der Gestalt der Erde das Resultat nicht erheblich von dem unsrigen abweichen könne.

Also ist auch *der Widerstand der Erde gleich dem eines Cylinders von gleichem Material wie die Erde, der an Länge dem halben Radius der Elektroden und an Querschnitt einem großen Kreise der Elektroden gleich ist.*

Es ist indess etwas schwierig, diesen Widerstand auf den bekannten Widerstand eines Metalldrahts zurückzuführen. Denn wenn man zwei Metallplatten als Elektroden in die Erde stellt, sie einerseits durch einen Leitungsdraht und andererseits durch den die Kette schließenden Erdboden verbindet, so hat man nur die Erde durch einen Leitungs-

draht von solcher Länge zu ersetzen, daß die Stromstärke in beiden Fällen dieselbe bleibe. Allein um daraus den Widerstand der Erde abzuleiten, müßte man die Polarisation der Metallplatten kennen, und ich glaube nicht, daß man zu deren Bestimmung bis jetzt genaue Methoden besitze.

Für die obere Gränze hat man $x = a - \rho \cos \vartheta$, $R = \rho \sin \vartheta$, also $b_1 = \frac{1}{\rho} - \frac{1}{2a}$; für die untere Gränze hat man $x = 0$, also $b_0 = 0$, so daß:

$$W = \frac{k}{\pi d c} \left\{ \frac{1}{\rho} - \frac{1}{2a} \right\},$$

und vernachlässigt man $\frac{1}{2a}$, welches sehr klein gegen $\frac{1}{\rho}$ ist, so hat man:

$$W = \frac{k}{\pi \rho d c}.$$

Die Gränzen von $c = 1 + \cos \vartheta$ sind $c = 0$ und $= 2$, was sich findet, wenn man $\vartheta = 0$ und $= \pi$ setzt. Mithin hat man für den Widerstand des Halbraums:

$$L = \frac{k}{2 \pi \rho}$$

und für den Widerstand des ganzen Raumes:

$$L = \frac{k}{4 \pi \rho} = \frac{\frac{1}{4} \rho k}{\pi \rho^2} \text{ 1).}$$

»Der Widerstand des ganzen wie des halben Raums steht also in umgekehrtem Verhältniß des Radius der Elektroden, oder vielmehr der Quadratwurzel aus ihrer Oberfläche, und ist unabhängig von ihrem Abstand.«

Man kann dieses Resultat auch so aussprechen: »Der Widerstand des unendlichen Raums ist gleich dem Widerstand eines Cylinders von gleichem Material wie der Raum, von der Länge $= \frac{1}{4} \rho$ und von dem Querschnitt $= \pi \rho^2$.«

Su-

1) Setzt man, ρ sey von irgend welcher Größe, und die Gestalt der Oberfläche der Elektroden sey bestimmt durch die Gleichung:

$$\frac{1}{\sqrt{(x-a)^2 + R^2}} - \frac{1}{\sqrt{(x+a)^2 + R^2}} = \frac{1}{\rho},$$

so wird der Widerstand des Raums gegeben seyn durch die Gleichung:

$$\frac{k}{4 \pi} \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{2a} \right).$$

Suchen wir nun den Widerstand in dem Fall der Ausbreitung der Elektricität in einem Körper, der begränzt ist einerseits von einer Umdrehungsfläche, deren Gleichung:

$$\frac{x+a}{\sqrt{(x+a)^2+y^2+z^2}} = \frac{x-a}{\sqrt{(x-a)^2+y^2+z^2}} - c = 0$$

und andererseits von einer ebenen Fläche, die hier die Ebene der zx ist. Ich werde voraussetzen, daß die Elektroden, deren Abstand $2a$ ist, auf der Umdrehungsaxe liegen, in gleichen Abständen vom Anfangspunkt der Coordinaten. Der Maximumwerth von R mag $=2r$ seyn. Das Integral W wird dasselbe wie im vorherigen Falle seyn, aber die Gränzen der Integration nach c werden sich verändern. Um sie zu bestimmen, braucht man in der vorhergehenden Gleichung nur zu setzen $R=2r$, $x=0$, und so findet man:

$$c = \frac{2a}{\sqrt{a^2+4r^2}},$$

während c für die andere Gränze $=2$ ist; sonach hat man:

$$L = \frac{k}{\pi \varrho} \frac{1}{2 - \frac{2a}{\sqrt{a^2+4r^2}}}.$$

Wenn indefs r etwas beträchtlich gegen a ist, kann man die Gröfsen von der Ordnung $\frac{a}{r}$ vernachlässigen und so findet man:

$$L = \frac{k}{2\pi \varrho}.$$

Der Widerstand dieses Körpers, dessen Querdimensionen in Bezug auf den Abstand der Elektroden sehr groß sind, wird also derselbe seyn wie der des Halbraums ¹⁾.

1) Wie sich gegenwärtig die Forscher so oft in ihren Untersuchungen begegnen, so ist auch der vorliegende Gegenstand gleichzeitig von einem andern Mathematiker, Hrn. Dr. L. Ridolfi zu Florenz, bearbeitet worden. Derselbe hat die Güte gehabt, mir bei seiner neulichen Anwesenheit in Berlin die von ihm im Journal *Il Cimento* (1847, *Maggio-Giugno*) darüber veröffentlichte Abhandlung zu übergeben, die in ihren Hauptresultaten natürlich mit der des Hrn. Dr. Smaasen übereinstimmt.

**VI. Ueber die Einwirkung des Ozons, Chlors und Broms auf Mangan- und basische Bleisalze;
von C. F. Schoenbein.**

Zu wiederholten Malen habe ich auf die grofse Aehnlichkeit aufmerksam gemacht, welche zwischen der chemischen, Volta'schen und physiologischen Wirkungsweise des Ozons und der sogenannten einfachen Salzbildner besteht. Die Thatsachen, deren in Folgendem gedacht wird, dehnen diese Analogie in merkwürdiger Art noch weiter aus.

1) Schüttelt man stark (durch Phosphor) ozonisirte Luft mit einer verdünnten wässrigen Lösung schwefelsauren, salpetersauren oder salzsauren Manganoxyduls, so verschwindet rasch das Ozon, und indem dies geschieht, trübt sich die Flüssigkeit und scheidet sich Mangansuperoxydhydrat in Form glänzender Schüppchen von gelblichbrauner Färbung aus. Behandelt man eine solche Mangansalzlösung so lange mit Ozon, bis dieses beim Schütteln nicht mehr zerstört wird, so findet sich in jener keine Spur von Mangan mehr, und enthält die Flüssigkeit nur Schwefelsäure, Salpetersäure oder Salzsäure. Diese merkwürdige Reaction läfst sich am Einfachsten dadurch zeigen, dafs man Streifen weissen Filtrirpapiers, mit der Lösung eines der genannten Mangansalze getränkt, in ozonisirte Luft hängt. Unter diesen Umständen zeigen die noch feuchten Streifen schon nach einer Minute eine wahrnehmbare Bräunung, und im Laufe einiger Stunden nehmen dieselben ein schwärzlich braunes Aussehen an und besitzen einen rein sauren Geschmack, ersteres vom Mangansuperoxyd, letzterer von der freigewordenen Säure herrührend. Noch empfindlicher als die feuchten sind die lufttrocknen, mit einem Mangansalze behafteten Streifen; denn führt man solche in ozonisirte Luft ein, so bemerkt man an denselben schon nach wenigen Secunden eine bräunliche Färbung, welche an Intensität rasch zunimmt. Es sind demnach trockne, von einem

Manganoxydulsalze (ich wende zur Bereitung solcher Streifen die Lösung des schwefelsauren Manganoxyduls an) durchdrungene Papierstreifen, nächst dem Jodkaliumkleister, das empfindlichste Reagens für Ozon, und da der besagte Kleister durch so manche andere gasförmige Substanzen (Chlor, Brom, salpetrichte Säure u. s. w.) gebläut wird, dieselben Materien aber unser Probepapier nicht in gleicher Weise verändern, so gebührt letzterem, trotz seiner geringeren Empfindlichkeit, als Ozonreagens der Vorzug vor dem Jodkaliumkleister. Beifügen will ich noch, daß ein Krystall von Mangansulphat, aufgehangen in ozonisirter Luft, schnell mit einer Hülle von Mangansuperoxydhydrat sich umgiebt und nach und nach zerfließt, ohne Zweifel in Folge der Zersetzung des Salzes, d. h. in Folge des Freiwerdens von Schwefelsäure und Krystallwasser.

2) Obgleich der Thatsachen genug vorliegen, welche die Einerleiheit des chemischen (durch Phosphor erzeugten) Ozons mit demjenigen riechenden Körper, der bei der Elektrolyse des Wassers am positiven Pol erhalten wird, außer Zweifel stellen, so wollte ich es doch nicht unterlassen, die Einwirkung des Volta'schen Ozons auf Manganoxydulsalze auch durch den Versuch kennen zu lernen, und ich habe mich überzeugt, daß letztere durch dasselbe ganz so, wie durch chemisches Ozon verändert werden. Schüttelt man größere Mengen des durch Wasserelektrolyse erhaltenen und stark nach Ozon, riechenden Sauerstoffs mit der Lösung eines Mangansalzes, so verschwindet der Geruch und scheiden sich die unter §. 1. erwähnten Schüppchen aus; und hängt man einen mit Mangansulphat präparirten Papierstreifen in solchem riechenden Sauerstoff auf, so bräunt sich jener gerade so, wie in einer durch Phosphor ozonisirten Atmosphäre.

3) Da manche Chemiker immer noch zweifeln, ob beim Ausströmen der gewöhnlichen Elektrizität in die atmosphärische Luft oder in feuchten Sauerstoff die gleiche riechende Materie zum Vorschein komme, welche bei der Einwirkung des Phosphors auf feuchte Luft oder bei der Wasserelek-

trolyse auftritt, so unterwarf ich mein luftrocknes mangan-
sulphathaltiges Papier dem Einfluß des elektrischen Bü-
schels innerhalb feuchten Sauerstoffs oder der atmosphä-
rischen Luft, erwartend, daß dasselbe hierbei gerade so sich
verändern werde, wie dies in einer Atmosphäre chemi-
schen oder Volta'schen Ozons geschieht. Dies war nun
auch der Fall; denn es bräunte sich unter den erwähnten
Umständen der Papierstreifen haarscharf in derselben Weise,
wie in chemischem oder Voltaschem Ozon. Da aber auf
diesem Wege nur äußerst kleine Mengen Ozons erzeugt
werden, so bedarf es auch natürlich einer längeren Einwir-
kung des elektrischen Büschels oder vielmehr der durch
ihn erzeugten Ozonatmosphäre, um im Probepapier eine
merkliche Bräunung zu verursachen. Ist jedoch der Bü-
schel ziemlich kräftig, so wird die Färbung in gewöhnli-
cher Luft schon nach einem halbstündigen Elektrisiren oder
noch früher deutlich sichtbar. Für diejenigen, welche den
Versuch wiederholen wollen, bemerke ich, daß ich das
Probepapier einige Linien von der Ausströmungsspitze ent-
fernt halte, und jenes während des Elektrisirens mit der
Erde in leitende Verbindung setze.

Da bei der elektrischen Einwirkung auf die atmosphä-
rische Luft bekanntlich immer auch Spuren von Salpeter-
säure entstehen, so hat man die Bläuung des Jodkalium-
kleisters in dem elektrischen Büschel dieser Säure zuge-
schrieben, obgleich nach meinen Beobachtungen selbst die
stärksten Dämpfe völlig reiner Salpetersäure etwas dünnen
Jodkaliumkleister keineswegs plötzlich bläuen, falls das Jod-
kalium rein ist. Wiederholte Versuche haben ferner dar-
gethan, daß eine solche Bläuung erfolgt, wenn der Klei-
ster der Einwirkung des elektrischen Büschels, welcher in
reinem Sauerstoff, anstatt in atmosphärischer Luft spielt,
ausgesetzt wird; in diesem Falle kann offenbar die Fär-
bung nicht von Salpetersäure herrühren, und abgesehen
von allen anderen Gründen, wird aus dieser Thatsache al-
lein es höchst wahrscheinlich, daß unter elektrischem Ein-
fluß in der Luft dieselbe riechende und oxydirende Materie

erzeugt werde, welche unter den gleichen Umständen im reinen Sauerstoff zum Vorschein kommt. Möglicherweise könnte sich jedoch in der Luft salpetrige Säure bilden, und da bekanntlich dieselbe feuchten Jodkaliumkleister augenblicklich wie das chemische oder Volta'sche Ozon bläut, so ließe sich immer noch sagen, daß die Ursache der Bläuung vielleicht doch die genannte Säure sey. Ich habe zwar früher schon die Thatsache ermittelt, daß Bleioxydhydrat, lange genug der Einwirkung des in atmosphärischer Luft spielenden Büschels ausgesetzt, gerade so in Bleisuperoxyd verwandelt wird, wie dieß in chemischem und Volta'schem Ozon geschieht. Diese Wirkung kann nun unmöglich von Salpetersäure, noch weniger aber von Untersalpetersäure herrühren, da letztere mit Bleisuperoxyd Bleinitrat bildet, und ich habe deshalb den Schluß gezogen, daß die Umwandlung des Bleioxyds in Superoxyd, welche unter den vorhin erwähnten Umständen stattfindet, dem elektrischen Ozon beigemessen werden müßte. Mit Hülfe meines Probepapiers läßt sich der gleiche Beweis, und, nach meinem Dafürhalten, in bündigster Weise führen. Weder Salpetersäure noch salpetrige Säure, noch irgend eine andere Oxydationsstufe des Stickstoffs, zeigt irgend eine Reaction auf Mangansulphat; am allerwenigsten aber vermögen diese Verbindungen aus dem genannten Salze Mangansuperoxyd abzuscheiden. Wenn nun aber den erwähnten Versuchen zufolge mein Probepapier in der Atmosphäre des elektrischen Büschels, spiele dieser in Sauerstoff oder atmosphärischer Luft, gerade so verändert wird, wie in chemischem oder Volta'schem Ozon, so kann wohl kaum länger ein Zweifel darüber walten, daß beim Elektrisiren der atmosphärischen Luft dasselbe riechende und oxydirende Princip erzeugt werde, welches sich bildet beim Einwirken des Phosphors auf feuchte Luft, bei der Elektrolyse des Wassers und beim Elektrisiren des feuchten Sauerstoffs, sey derselbe auf diese oder jene Weise, aus dieser oder jener Substanz bereitet worden. Ich halte es deshalb für eine nun gänzlich außer Zweifel stehende Thatsache, daß

jede in der Atmosphäre stattfindende elektrische Entladung oder Ausgleichung eine Ozonbildung zur nothwendigen Folge hat; und daß die Anwesenheit einer so eminent oxydierenden Materie in der atmosphärischen Luft nicht ohne einen merklichen Einfluß auf eine Reihe chemischer und physiologischer Phänomene seyn könne, ist eine sich von selbst verstehende Sache.

4) Vermischt man Chlorwasser mit der Lösung eines der genannten Mangansalze, so wirken diese Flüssigkeiten im Dunkeln nur schwach auf einander ein. Kaum hat man aber das Gemisch in die Sonne gestellt, so wird es trüb und scheidet sich Mangansuperoxyd ab. Bei Anwendung einer hinreichenden Menge Chlorwassers und tagelanger Einwirkung des Sonnenlichts wird aus der Lösung alles Mangan in Form von Superoxyd gefällt.

5) Bromwasser mit der Lösung eines Mangansalzes vermischt, veranlaßt zwar in der Dunkelheit schon die Bildung von Mangansuperoxyd, es findet jedoch unter diesen Umständen besagte Reaction ebenfalls langsam, obwohl ein wenig rascher, als bei Anwendung von Chlor, statt; sie wird aber durch Sonnenlicht sehr wesentlich beschleunigt. Hängt man in Chlor- oder Bromatmosphären lufttrockne, mit Mangansulphat präparirte Streifen auf, so vergehen Stunden im Dunkeln oder auch im zerstreuten Licht, bevor man am Papier Spuren ausgeschiedenen Mangansuperoxyds bemerkt; im unmittelbaren Sonnenlicht findet die Reaction etwas rascher, im Ganzen aber doch langsam statt.

Aus voranstehenden Angaben erhellt, daß Ozon, Chlor und Brom es vermögen, das Mangansulphat, Mangannitrat und Manganchlorid zu zerlegen, aus diesen Salzen Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure frei zu machen und das Mangan in Form von Superoxyd zu fällen. Auch ersieht man aus denselben, daß zwischen Ozon, Chlor und Brom nur der Unterschied besteht, daß ersteres ungleich energischer auf die Mangansalze wirkt, als die beiden letztgenannten Körper thun; in sofern das Ozon jene Salze in der Dunkelheit gerade so leicht als im Lichte zer-

setzt, während dagegen Chlor und Brom der Besonnung bedürfen, um etwas kräftig und dem Ozon ähnlich zu reagiren.

Die beschriebenen Thatsachen liefern überdies auffallende Beispiele einer Verkehrung gewöhnlicher Affinitätsverhältnisse. Schwefelsäure oder Salpetersäure erzeugt mit Mangansuperoxyd ein Mangansulphat oder Nitrat unter Ausscheidung von Sauerstoff, und aus einer Lösung dieser Salze fällt der Sauerstoff des Ozons Mangansuperoxyd unter Freimachung von Schwefelsäure oder Salpetersäure. Beim Zusammentreffen des Chlorwasserstoffs mit Mangansuperoxyd bildet sich Chlormangan unter Ausscheidung von Chlor, und bei Behandlung dieses Salzes mit Chlor entsteht (unter Lichteinfluss) Chlorwasserstoff und Mangansuperoxyd etc.

Auf eine ähnliche Verkehrung gewöhnlicher Verwandtschaftsverhältnisse habe ich vor einiger Zeit in Bezug auf Salpetersäure und Chlor- oder Bromwasserstoff aufmerksam gemacht. Läßt man die eine oder die andere der letzt erwähnten Säuren in Gasform zu möglichst concentrirter Salpetersäure treten, so setzen sich diese Verbindungen schon bei Null, ja bei noch tieferer Temperatur augenblicklich in Untersalpetersäure, Chlor oder Brom und Wasser um, während dagegen Untersalpetersäure und Chlor oder Brom, mit viel Wasser in Berührung gesetzt, sofort in Salpetersäure und Chlor- oder Bromwasserstoff übergehen. Ob die eine oder die andere dieser einander entgegengesetzten Reactionen stattfinde, hängt in den letzt besprochenen Fällen vor allem von der Menge des vorhandenen Wassers ab. Es übt aber auch in zweiter Linie die obwaltende Temperatur einen Einfluß aus; denn es können z. B. Salpetersäure und Salzsäure von gewisser Stärke bei Null unzersetzt zusammen bestehen, bei einer höheren Temperatur aber in bekannter Weise sich zerlegen. Von dem gedoppelten Einflusse des Wassers und der Temperatur, zu welchem bei Chlor und Brom auch noch derjenige des Lichts sich gesellt, dürften vielleicht auch, theilweise wenigstens, die Reactionen bedingt werden, welche Gegenstand dieser

Abhandlung sind. Beim Ozon freilich, das selbst die festen Mangansalze zu zerlegen vermag, scheint das Wasser eine sehr untergeordnete Rolle zu spielen.

6) Schon vor Jahren ermittelte ich die Thatsache, daß Bleioxydhydrat durch chemisches, Volta'sches und elektrisches Ozon in Bleisuperoxyd übergeführt wird; ich hielt es deshalb für wahrscheinlich, daß gelöste basische Bleisalze, wie z. B. der sogenannte Bleiessig, mit Ozon behandelt, sich zersetzen, das überschüssige Bleioxyd hierbei ebenfalls in Superoxyd und das basische Salz in ein neutrales verwandelt würden. Der Versuch hat mich von der Richtigkeit dieser Vermuthung überzeugt. Leitet man durch Bleiessig einen Strom stark ozonisirter und kohlensäurefreier Luft, so fällt erst eine röthlichgelbe Materie (Mennige) nieder, und läßt man das Durchströmen solcher Luft lange genug andauern, so wird diese Materie gänzlich in braunes Bleisuperoxyd und das basische Salz in ein neutrales verwandelt. Rascher wird dieses Ergebniss erzielt, wenn man eine kleine Menge Bleiessigs mit dem stark (durch Phosphor) ozonisirten Luftgehalt einer Anzahl grosser Ballone schüttelt, nachdem diese durch Wasser von Säure vollkommen gereinigt worden. Da aber eine solche Luft etwas Kohlensäure enthält, so findet sich das erhaltene Bleisuperoxyd mit Bleicarbonat verunreinigt, welches jedoch leicht durch verdünnte Salpetersäure entfernt werden kann. Um die beschriebene Reaction in einfachster Form zu erhalten, braucht man bloß Papierstreifen mit Bleiessig zu tränken und in einer kräftig ozonisirten Luft aufzuhängen. Unter diesen Umständen färben sich dieselben ziemlich rasch röthlichgelb, und gehen nach und nach in Braun über.

Daß Volta'sches und elektrisches Ozon wie chemisches auf Bleiessig einwirken, brauche ich wohl nicht ausdrücklich zu bemerken.

7) Gießt man in Bleiessig Chlorwasser, so fällt anfänglich eine weisse Substanz (Chlorblei) nieder, welche aber beim Zufügen einer weiteren hinreichenden Menge Chlor-

wassers wieder verschwindet. Aus diesem zuerst klaren Gemisch scheidet sich aber bald Bleisuperoxyd aus, und es bleibt in der Flüssigkeit neutrales essigsaures Bleioxyd und Chlorblei gelöst. Bromwasser wirkt auf eine dem Chlor analoge Weise auf den Bleiessig ein.

Aus den eben erwähnten Thatsachen ergibt sich, daß auch in Bezug auf die Lösungen basischer Bleisalze zwischen der Wirkungsweise des Ozons, Chlors und Broms eine auffallende Aehnlichkeit besteht.

VII. *Ueber eine eigenthümliche sympathetische Dinte, und die Anwendung des mangansuperoxydhaltigen Papiers als Reagens für schweflichte und salpetrige Säure; von C. F. Schoenbein.*

In der voranstehenden Mittheilung ist gezeigt worden, daß das Ozon aus gelösten Manganoxydulsalzen Mangansuperoxyd abscheidet; es können daher besagte Lösungen als sogenannte sympathetische Dinten dienen. Beschreibt man zu diesem Behufe gewöhnliches Papier mit der wässrigen Lösung von schwefelsaurem Manganoxydul, und hängt man jenes nach dem Trocknen in einer Flasche auf, deren Luftgehalt durch Phosphor stark ozonisirt worden, so erscheint in kurzer Zeit die Schrift, anfänglich eine helle bräunlich-rothgelbe Färbung zeigend, im Laufe einiger Stunden aber dunkel werdend. Für diesen Zweck ist es passend (zum Behufe der fortdauernden Erzeugung des Ozons) ein Stückchen Phosphor in der Flasche zu lassen ¹⁾.

Da bekanntlich gasförmige schweflichte Säure mit Mangansuperoxyd rasch zu farblosem Mangansulphat sich vereinigt, so verschwindet sofort die in erwähneter Weise her-

1) Ich habe mir die Mühe gegeben, die Mangansulphatschrift sichtbar zu machen, sowohl durch den elektrischen Büschel, als durch den ozonhaltigen, auf elektrolytischem Weg erhaltenen Sauerstoff.

vorgebrachte Schrift wieder, wenn dieselbe der Einwirkung von Luft ausgesetzt wird, in der ein Schwefelholz abgebrannt worden. Versteht sich von selbst, daß die so zerstörte Schrift abermals zum Vorschein kommt, wenn das Papier wieder in eine ozonhaltige Flasche gesteckt wird. Es sind dieß, denke ich, artige Collegienversuche, geeignet, sowohl die Einwirkung des Ozons auf Manganoxydulsalze, als auch diejenige der schweflichten Säure auf Mangansuperoxyd in anschaulicher und vergnüglicher Weise zu zeigen.

Daß man mit Hülfe von Mangansalzlösungen und Ozon auch alle Arten von Zeugen vom lichtesten bis zum dunkelsten Braun färben und durch schweflichte Säure theilweise oder ganz wieder bleichen kann, ist ein Umstand, welcher vielleicht die Beachtung der Techniker verdienen dürfte; denn leicht sieht man ein, daß bei passender Behandlung sich mit Leichtigkeit weiße Zeichnungen auf braunem und braune Zeichnungen auf weißem Grunde hervorbringen lassen. Es erhellt ferner, daß weißes Filtrirpapier durch Mangansuperoxydhydrat gebräunt, auch als ziemlich empfindliches Reagens für schweflichte Säure benutzt werden kann. Ich bereite mir derartiges Reagenspapier in folgender Weise. Schmale Streifen möglichst weißen ungeleimten Druckpapiers werden mit einer verdünnten Lösung Mangansulphats getränkt und nach dem Trocknen in einer Ozonatmosphäre so lange aufgehangen, bis sie merklich gebräunt erscheinen, was bei Anwendung stark ozonisirter Luft in wenigen Minuten geschieht. Ist die Bräunung nicht stärker als eben zu deren deutlicher Wahrnehmung nöthig, so wird so beschaffenes Papier in Luft, die nur Spuren schweflichter Säure enthält, sehr rasch wieder völlig weiß.

Bekanntlich vereinigt sich dampfförmige Untersalpetersäure sehr leicht mit Mangansuperoxyd zu farblosem Mangannitrat, weshalb unser Probepapier, in Luft gehalten, welche auch nur geringe Mengen dieses Säuredampfes enthält, beinahe augenblicklich entfärbt wird. Eine solche Entfärbung findet auch statt, obwohl etwas langsamer, in Stickoxydgas, mit welchem letzteren, anderwärts von mir ge-

machten Angaben zufolge, das Mangansuperoxyd zu Mangannitrit sich vereinigt.

VIII. *Ueber eine eigenthümliche Bildungsweise der Uebermangansäure; von C. F. Schoenbein.*

Uebermangansäure nicht für eine eigenthümliche Oxydationsstufe des Mangans, sondern für eine lockere chemische Verbindung der Superoxyde des Mangans und Wasserstoffs ($=2\text{MnO}_2 + 3\text{HO}_2$), und Ozon für ein Wasserstoffsuperoxyd haltend, habe ich mich bemüht jene Säure mit Hülfe des Ozons und Mangansuperoxyds zu erzeugen. In wie weit mir dieß gelungen sey, wird aus folgenden Angaben erhellen.

1) Bedeckt man den Boden einer mit atmosphärischer Luft gefüllten Flasche mit einer etwas verdünnten Lösung schwefelsauren, salpetersauren oder salzsauren Manganoxyduls, und legt man in diese Flüssigkeit ein Stück Phosphor von reiner Oberfläche in der Weise, daß dasselbe zur Hälfte in die Luft ragt, so beginnt bei 15° bis 20° die Ozonbildung, und nimmt die Salzlösung im Laufe weniger Stunden eine prachtvolle colombinrothe Färbung an.

2) Löst man in etwas verdünnter Phosphorsäure oder sogenannter phosphatischer Säure eins oder das andere der vorhin erwähnten Mangansalze auf, und schüttelt man eine solche Lösung mit atmosphärischer Luft, die durch Phosphor stark ozonisirt worden, so verschwindet das Ozon, und färbt sich die Flüssigkeit um so tiefer roth, je mehr sie Ozon aufnimmt.

3) Die auf besagte zwei Weisen erhaltene rothe Flüssigkeit wird durch alle die Mittel entfärbt, welche die reine wässrige Uebermangansäure zerstören, und hievon macht selbst die Kohle keine Ausnahme. In der Dunkelheit verliert die Flüssigkeit ihre Farbe langsam, rascher in der ge-

wöhnlichen Tageshelle und noch schneller in dem Sonnenlicht. Auch durch Erhitzung wird die gleiche Veränderung bewerkstelligt. Ist die Flüssigkeit so oder anders farblos gemacht worden, so giebt man ihr durch Schütteln mit ozonisirter Luft die rothe Färbung wieder. Beifügen will ich noch, daß man durch Vermischen wässriger Uebermangansäure mit Phosphorsäure oder phosphatischer Saure eine Flüssigkeit erhält, in allen ihren Eigenschaften derjenigen ähnlich, deren unter §§. 1. 2. Erwähnung geschehen.

Aus diesen Thatsachen darf daher wohl geschlossen werden, daß die rothe Färbung besagter Flüssigkeit von Uebermangansäure herrührt, mit anderen Worten, daß bei Anwesenheit von Phosphorsäure das Ozon mit einem Manganoxydulsalz Uebermangansäure bildet. Diese sonderbare Reaction wird zum Theil aus der oben angeführten Thatsache erklärlich, daß Ozon aus einer Mangansalzlösung Mangansuperoxyd abscheidet. Die Uebermangansäure dürfte nun dadurch gebildet werden, daß im Augenblick der Abtrennung besagten Superoxyds mit diesem letzteren noch weiteres Ozon sich verbindet. Warum aber im vorliegenden Falle die Anwesenheit der Phosphorsäure eine wesentliche Bedingung für die Bildung der Uebermangansäure ist, vermag ich nicht zu sagen. Vielleicht hat dies seinen Grund darin, daß beide Säuren zu einander eine gewisse chemische Verwandtschaft haben, und eine Verbindung bilden, in welcher das Wasserstoffsuperoxyd inniger an dasjenige des Mangans gebunden ist, als in der wässrigen isolirten Uebermangansäure ¹⁾.

Wie es sich aber auch hiemit verhalten mag, jedenfalls ist es eine eben so auffallende als merkwürdige Thatsache, daß in einer Manganoxydulsalzlösung, mit Luft und Phos-

1) Diejenigen, welche die Existenz von Manganoxydsalzen annehmen, werden vielleicht die rothe Färbung der fraglichen Flüssigkeit der Anwesenheit eines solchen Salzes zuschreiben. Ich halte dafür, daß es keine solche Salze giebt, und bin mit Turner und anderen Chemikern der Meinung, daß die rothen Lösungen der sogenannten Manganoxydsalze als Gemische von Oxydulsalzen und Uebermangansäure anzusehen seyen.

phor in Berührung stehend, Uebermangansäure sich erzeugt, also die Bildung einer eminent oxydirenden Verbindung bestimmt wird durch die Anwesenheit eines der oxydirbarsten Stoffe, welche wir kennen. Eine solche Reaction müßte völlig unbegreiflich erscheinen, wüßten wir nicht, daß der Phosphor unter gegebenen Umständen die Bildung des Ozons verursacht, einer Materie, deren Oxydationsvermögen dasjenige aller übrigen oxydirenden Agentien übertrifft. Freilich ist eben diese erste Fundamentalthatsache noch durchaus geheimnißvoll, trotz aller Erklärungen, die man über dieselbe zu geben versucht hat.

4) Da das Ozon in so vielen Beziehungen das Chlor nachahmt, so steht zu vermuthen, daß umgekehrt auch letzteres unter gegebenen Umständen Uebermangansäure zu erzeugen im Stande sey. Bringt man in der Kälte Salzsäure mit Mangansuperoxydhydrat zusammen, so erhält man bekanntlich eine braune Flüssigkeit (sogenanntes salzsaures Manganoxyd), die als eine lockere Verbindung des Manganchlorids mit Chlor angesehen werden kann. Gießt man nun in diese Lösung selbst sehr verdünnte Phosphorsäure oder phosphatische Säure, so entsteht eine rothe Flüssigkeit gleich derjenigen, die man erhält, wenn salzsaures gelöstes und phosphorsäurehaltiges Manganoxydul mit Ozon geschüttelt wird.

Ein Gemisch von Chlorwasser und der Lösung eines Manganoxydulsalzes in verdünnter phosphatischer Säure bleibt in der Dunkelheit farblos; wird aber dasselbe der Einwirkung des Sonnenlichts ausgesetzt, so erscheint es in kurzer Zeit lichtroth gefärbt. Eine tiefrothe Flüssigkeit läßt sich aber auf diese Weise nicht erhalten, was sich leicht aus dem Umstande begreift, daß das Sonnenlicht ziemlich stark entfärbend auf ein Gemisch von Phosphorsäure und Uebermangansäure einwirkt. Es wird daher die unter dem Einflusse des Lichts von Chlor erzeugte Uebermangansäure durch Besonnung beinahe wieder eben so schnell zerstört als gebildet.

Ein Gemisch von Bromwasser, Phosphorsäure und einer

Manganoxydulsalzlösung liefert im Sonnenlicht ziemlich rasch eine rothgefärbte Flüssigkeit.

5) Fügt man zur Lösung eines Manganoxydulsalzes in verdünnter Phosphorsäure oder phosphatischer Säure geschlemmtes Bleisuperoxyd, so entsteht sofort beim Schütteln eine colombinrothe Flüssigkeit, in ihren Eigenschaften übereinstimmend mit derjenigen, welche unter denselben Umständen mit Hülfe des Ozons erhalten wird.

Dafs auch die in den voranstehenden Paragraphen gemachten Angaben zwischen Ozon, Chlor, Brom und Bleisuperoxyd eine schlagende Analogie begründen, sieht man ohne Mühe.

IX. *Neuere Versuche über die Anwesenheit des Ozons in der atmosphärischen Luft;*
von C. F. Schoenbein.

Da erfahrungsgemäfs immer Ozon sich erzeugt, wenn Sauerstoff oder atmosphärische Luft elektrisirt wird, und es eben so gewifs ist, dafs in unserer Atmosphäre unaufhörlich elektrische Entladungen stattfinden, so müssen in derselben auch fortwährend Spuren von Ozon vorhanden seyn. Und dafs dem wirklich so sey, suchte ich schon vor Jahren durch die Thatsache zu beweisen, dafs Stärkekleister, vermischt mit Jodkalium, welches völlig frei von jodsaurem Kali oder Kaliumsuperoxyd ist, in freier Luft sich bläut, während der gleiche Kleister in eingeschlossener feuchter Luft, sollte sie auch stark kohlensäurehaltig seyn, vollkommen farblos bleibt. Der Kohlensäure und dem Sauerstoff darf deshalb die Zersetzung nicht zugeschrieben werden, welche das Jodkalium in freier Luft erleidet.

Da die in der atmosphärischen Luft stattfindenden elektrischen Ausgleichungen bald stärker, bald schwächer sind, **so muß auch der Ozongehalt der Atmosphäre zu verschie-**

denen Zeiten verschieden stark seyn, muß also Jodkaliumkleister, der Einwirkung frei circulirender Luft ausgesetzt, in gleichgroßen, aber verschiedenen Zeiten ungleich stark sich bläuen. Seit vielen Monaten beobachte ich täglich die Einwirkung der freien Luft auf Jodkaliumkleister, und während dieses beträchtlichen Zeitraums habe ich mich auf das Genügendste überzeugt, daß diese Einwirkung zu verschiedenen Zeiten auffallend verschieden stark ist. Der Ort meiner Beobachtungen ist der Hofraum des hiesigen Museums, in welchem die Luft so ziemlich frei sich bewegen kann. Der Kleister wird auf Streifen weißen Filtrirpapiers gestrichen und an Stellen aufgehangen, zu welchen die Luft ungehinderten Zutritt hat. Manchmal erscheint ein solcher Streifen nach mehrstündiger Aussetzung schon so stark gebläut, als er es zu anderen Zeiten unter sonst möglich gleichen örtlichen Umständen in eben so viel Tagen nicht wird, und ich habe zu wiederholtenmalen beobachtet, daß bei Schneefällen oder an regnichten gewitterhaften Tagen die Bläuung am raschesten stattfindet.

Seit ich das merkwürdige Verhalten des Ozons zu den Manganoxydulsalzen kenne, habe ich vielfältige Beobachtungen mit Papierstreifen angestellt, die mit gelöstem Mangansulphat getränkt worden waren. Als Ergebniss derselben hat sich herausgestellt, daß solche Streifen, eingeschlossen in mit gewöhnlicher Luft gefüllten Flaschen, weiß bleiben, ob man die letzteren im Dunkeln halte oder in das Sonnenlicht stelle, ob die eingeschlossene Luft trocken oder feucht sey. Eben so verhält es sich mit Streifen, die in wohl verschlossenen Zimmern aufgehangen werden. Streifen aber, frei strömender Luft ausgesetzt, bräunen sich nach und nach ganz so, wie in künstlich ozonisirter Luft, nur natürlich viel langsamer. Ich besitze Streifen, die nach acht-tägiger Aussetzung schon merklich stark gebräunt erscheinen.

Schließt man durch einen Stöpsel die eine Hälfte eines mangansulphathaltigen Papierstreifens in eine mit gewöhnlicher Luft gefüllte Flasche ein, und läßt man die andere Hälfte herausragen, das Ganze frei circulirender Luft aussetzend, so wird die

erstere Hälfte völlig weifs bleiben, die letztere aber nach und nach sich bräunen, gerade so, wie unter den gleichen Umständen der eingeschlossene Theil eines mit Jodkaliumkleister behafteten Streifens in seinem farblosen Zustand verharret, während der in die freie Luft ragende Theil sich bläut. Hängt man das mangansulphathaltige Papier so auf, dafs die eine Seite desselben vom Winde mehr getroffen wird, als die andere, so bemerkt man an jener auch eine stärkere Bräunung als an dieser. Ganz so verhalten sich auch die mit Jodkaliumkleister behafteten Streifen, und beifügen will ich noch, dafs das mit Mangansulphat präparirte Papier in eben demselben Verhältnifs rasch sich bräunt, in welchem der Kleister sich bläut. Kaum wird es aber nöthig seyn, ausdrücklich zu erwähnen, dafs an letzterem unter sonst gleichen Umständen die Bläuung viel früher wahrgenommen wird, als die Bräunung am ersteren. Dafs das in freier Luft gebräunte Mangansulphatpapier durch schweflichte Säure gerade so entfärbt wird, wie solches, das durch chemisches, Volta'sches und elektrisches Ozon gebräunt worden, ist ebenfalls eine von selbst verstandene Sache.

Da nun weder reiner Sauerstoff, nach dessen Gemeng mit Stickstoff und Kohlensäure Jod aus dem Jodkalium, oder Mangansuperoxyd aus dem Mangansulphat u. s. w. abscheiden kann, diefs aber wohl das chemische, Volta'sche und elektrische Ozon zu thun vermögen, so schreibe ich auch die in freier Luft vor sich gehende Bräunung des mit Mangansulphat behafteten Papiers, wie die Bläuung des feuchten Jodkaliumkleisters der Anwesenheit des Ozons in der Atmosphäre zu, welches Ozon in Folge der in ihr stattfindenden elektrischen Ausgleichungen gebildet wird. Bei der ununterbrochenen Fortdauer dieser elektrischen Vorgänge müfsten im Laufe einer langen Zeit merkliche Mengen Ozons in der Luft sich anhäufen, würde dasselbe nicht fortwährend entfernt durch die grossen Massen oxydirbarer, die Erdoberfläche bedeckender Substanzen, zu denen vor allen die organischen Materien gehören, welche nach meinen Versuchen das Ozon rasch zerstören.

Zum Schlusse sey es mir gestattet noch eine Bemerkung beizufügen, welche vielleicht einiges Interesse für Aerzte und Physiologen haben dürfte. Nach meinen an mir selbst gemachten und in neuester Zeit wiederholten Versuchen verursacht das Einathmen ozonisirter Luft katarrhalische Affectionen, ähnlich denen, die durch das Chlor oder Brom veranlaßt werden. Diese Thatsache liefs mich schon lange vermuthen, daß das Einathmen großer Mengen freier atmosphärischer Luft, die den Jodkaliumkleister merklich stark bläut, Schnupfen, Katarrhe und dergleichen nach sich ziehen könnte. Im Laufe des verflossenen Winters und heurigen Frühjahres stellten mein Freund, Hr. Prof. Jung, und ich Vergleichen an zwischen dem Auftreten katarrhalischer Erscheinungen und der Bläuung des Jodkaliumkleisters durch freie Luft. Hr. Jung zeichnete die Tage auf, welche sich durch die Häufigkeit katarrhalischer Erkrankungen auszeichneten, und ich diejenigen, an welchen meine Papierstreifen rasch gebläut wurden. Bei der Vergleichung unserer Beobachtungen konnten wir nicht umhin, ein auffallendes Zusammentreffen beider Erscheinungsreihen zu bemerken: Meinen stark bläuenden Tagen folgten auffallende Schnupfen- und Katarrhtage. Wünschenswerth wäre es, wenn auch anderwärts ähnliche Beobachtungen und Vergleichen angestellt würden; denn nur auf diesem Wege vermögen wir zur völligen Gewißheit zu gelangen, ob bei den erwähnten Erscheinungen die gleiche Ursache zu Grunde liege.

Basel, im Junius 1847.

**X. *Das Ozon als Reagens für Mangan;*
*von C. F. Schoenbein.***

Ich habe neulich in diesen Annalen gezeigt, daß die Manganoxydulsalze, seyen sie in Wasser gelöst oder befinden sie sich im festen Zustande, schon bei gewöhnlicher Temperatur ziemlich rasch zersetzt werden, indem deren Basis in Form von Mangansuperoxydhydrat sich ausscheidet und gleichzeitig natürlich auch die Säure in Freiheit gesetzt wird. Wie nun dieses merkwürdige Verhalten dazu benutzt werden kann, die Anwesenheit kleiner Mengen Ozons in Sauerstoffgas, atmosphärischer Luft u. s. w. mit Leichtigkeit zu ermitteln, dadurch, daß man mangansulfathaltige Papierstreifen in das zu prüfende Gas hängt, und aus der eintretenden Bräunung derselben auf das Vorhandenseyn des Ozons schließt, so kann natürlich auch umgekehrt letzteres als Reagens für Manganoxydulsalze dienen. — So weit meine Versuche gehen, giebt es außer dem basisch essigsauren Blei keine anderen Salze, aus welchen das Ozon ein Superoxyd abzuscheiden vermöchte, und ich habe mich überzeugt, daß jenes so kräftig oxydirende Agens namentlich nicht auf die Kobalt- und Nickelsalze irgendwie einwirkt. Will man nun sehen, ob eine Salzlösung ozonhaltig sey, so tränkt man mit ihr einen Streifen Filtrirpapiers und hängt diesen noch feucht oder trocken in stark ozonisirter Luft auf. Je nach der Reichhaltigkeit der Lösung an Mangan wird unter den angegebenen Umständen besagter Streifen rascher oder langsamer, und mehr oder weniger stark sich bräunen, und diese Bräunung durch gasförmige schweflichte Säure sich augenblicklich zerstören lassen. Von der Empfindlichkeit des Reagens mögen folgende Angaben einen Begriff gewähren. 200 Theile Zinkvitriol mit einem Theil krystallisirten Zinksulfats wurden in 2000 Theilen Wassers gelöst und damit Papierstreifen getränkt. Führt man letztere im nassen Zustand in ozonisirte Luft ein, so bemerkte

man an ihnen nach zwölf Minuten eine deutliche Bräunung, und an trocknen Streifen schon nach fünf Minuten. Enthielt die Lösung auf 1000 Theile Zinkvitriols einen Theil Mangansulfats, und waren beide Salze in 10000 Th. Wassers gelöst, so wurde die Anwesenheit des letzteren noch deutlich durch Bräunung des Papiers angezeigt, nur mußte dasselbe in diesem Falle etwas länger in der Ozonatmosphäre verweilen. Es ist eine selbst verstandene Sache, daß die zu prüfende Flüssigkeit in etwas concentrirtem Zustande angewendet werden muß, da bei zu großer Verdünnung derselben leicht zu wenig Mangansalz vorhanden seyn könnte, als daß der getränkte Papierstreifen noch merklich gebräunt würde.

Da, wie schon bemerkt, das Ozon aus keinem Salze, den Bleiessig ausgenommen, ein Superoxyd ausscheidet, und namentlich auf die Nickel- und Kobaltsalze wirkungslos ist, so könnte dasselbe vielleicht in manchen Fällen zu dem analytischen Zwecke angewendet werden, das Mangan in Form von Superoxydhydrat von anderen basischen Metalloxyden, insbesondere aber von denen des Nickels und Kobalts zu trennen; obwohl nicht in Abrede zu stellen ist, daß ein solches Verfahren etwas langwierig wäre. Man müßte zu diesem Behufe eine manganhaltige Lösung so lange mit stark ozonisirter Luft schütteln, bis sich kein Superoxyd aus der Flüssigkeit mehr abscheide. Ich habe neulich in diesen Annalen auch der Thatsache erwähnt, daß Lösungen von Manganoxydulsalzen mit Chlorwasser vermischt und der Einwirkung des Sonnenlichts ausgesetzt, unter Abscheidung von Mangansuperoxyd, ebenfalls ziemlich rasch zersetzt werden. Diese Wirkungsweise macht es möglich, mit Hülfe des Chlors das Mangan leicht von gewissen anderen Metallen, und namentlich auch vom Nickel und Kobalt zu trennen, in sofern nach meinen Erfahrungen die Salze der letztgenannten Basen vom Chlor auch unter Lichteinfluss nicht afficirt werden. Löst man 1000 Theile Zinkvitriols und einen Theil krystallisirten Mangansulfats in 10000 Theilen Wassers auf, und vermischt man diese Flüssigkeit

mit etwa ihrem Drittel Chlorwassers, so wird aus einem solchen Gemisch im Sonnenlicht bald die Ausscheidung des Mangansuperoxydhydrats beginnen und hiedurch die Flüssigkeit getrübt werden. Beifügen will ich noch, daß nach mehrtägiger Insolation kein Mangan mehr in der erwähnten Lösung nachgewiesen werden konnte. Es scheint demnach, als ob sich das Chlor zur Abtrennung des Mangans von manchen Metallen mit Bequemlichkeit benutzen lasse.

Basel, im September 1847.

XI. *Ueber die Bläue des Eises in hohen Gebirgsregionen; von G. Osann*

Einem Jeden, der die Alpen besucht hat, ist die schöne blaue Farbe, welche die Spalten der Glätscher zeigen, hinlänglich bekannt, eben so, daß unser gewöhnliches Flusseis nichts Aehnliches der Art zeigt. In Beziehung auf diese Farbe habe ich nun in der Mitte des Septembers dieses Jahres eine Beobachtung gemacht, welche mir ganz bemerkenswerth erscheint. — Ich befand mich um diese Zeit in Tyrol, und hatte das Glück bei einem ganz wolkenfreien Himmel das Wormser Joch zu besteigen. Es ist die höchste jetzt fahrbare Strasse, 8900' über dem Meer. Ein Paar Tage vorher hatte es tüchtig geschneit, und der Schnee lag mehrere Fuß hoch auf dem Joch. Der Himmel über mir war mehr schwärzlich als dunkelblau. Ich machte mit meinem Stock, dessen unteres Ende ungefähr $\frac{3}{4}$ " Durchmesser hatte, ein horizontales Loch in den Schnee von beiläufig 2' Länge. Als ich in dasselbe sah, erschien der Hintergrund des Loches eben so blau gefärbt, wie die Spalten der Glätscher. Dieselbe Beobachtung machte mein Reisegefährte, ein Kaufmann aus Hamburg. — Hiernach sollte man meinen, daß die Beschaffenheit der Luft in diesen hohen Regionen Einfluß auf die Färbung dieses Eises habe.

Würzburg, den 8. Oct. 1847.

XII. *Bemerkungen über das specifische Gewicht des Samarskits (Uranotantals); von Heinr. Rose.*

Einige Zeit nachdem ich meine Bemerkungen über die Ilmensäure des Hrn. Hermann bekannt gemacht hatte ¹⁾, in welchen ich zeigte, daß dieselbe mit etwas Wolframsäure verunreinigte Niobsäure sey, erschien von demselben eine neue Abhandlung über das Ilmenium ²⁾, in welcher er mehrere Eigenschaften der wichtigsten Verbindungen des angeblich neuen Metalls beschreibt. Hr. Hermann konnte bei Bekanntmachung seiner Abhandlung noch nicht die meine kennen. Da ich in derselben ausführlich darauf aufmerksam gemacht habe, daß die Unterschiede, welche zwischen der Niobsäure, und der Ilmensäure stattfinden, von einem kleinen Gehalte von Wolframsäure in letzterer herühren, so scheint es mir nicht nöthig noch einmal auf diesen Gegenstand zurückzukommen. In der That lassen sich alle Verschiedenheiten, die Hr. Hermann in seiner neuesten Abhandlung von der Ilmensäure, verglichen mit der Niobsäure, angiebt, höchst genügend erklären, wenn in letzterer eine geringe Menge von Wolframsäure angenommen wird. Hr. Hermann wird sich auch selbst von der Gegenwart derselben in der Ilmensäure überzeugen können, wenn er eine nicht zu geringe Menge der aus dem Ytтроilmenit dargestellten Säure, auf die bekannte Weise mit Kohle gemengt, in einer Glasröhre von schwer schmelzbarem Glase, erst in einer Atmosphäre von Kohlensäure erhitzt, um die atmosphärische Luft aus dem Apparate zu vertreiben, und sodann in Chlorgas. Es wird sich dann außer dem weißen Niobchlorid auch rothes Wolframchlorid bilden, das, weil es flüchtiger als ersteres ist, durch eine gelinde Hitze von demselben abgetrieben werden kann.

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 71, S. 517.

2) Journ. für practische Chemie, Bd. 40, S. 457.

Hr. Hermann beschreibt das Chlorilmenium als schwefelgelbe Prismen. Aber die gelbe Farbe ist dem Chlorid des Niobs nicht eigenthümlich, wie dem Pelop- und Tantalchlorid, wohl aber kann es dieselbe erhalten, wenn es durch eine geringe Menge von rothem Wolframchlorid tingirt wird, das aber auf die beschriebene Weise von ihm verflüchtigt werden kann.

Hr. Hermann scheint den sogenannten Yttrilmenit für verschieden von dem Samarskit (Uranotantal) zu halten, und stützt sich auf eine briefliche Mittheilung, die er von mir über die Zusammensetzung des letzteren erhalten hat. Diese Mittheilung betraf die Untersuchungen, die Hr. W o r n u m in meinem Laboratorium über das Mineral angestellt hatte. Ich hatte aber in dem Briefe bemerkt, daß diese Untersuchungen sich nicht zur öffentlichen Mittheilung eigneten, indem sie unter sich nicht gut übereinstimmten, da die richtige Methode der Trennung der verschiedenen Bestandtheile von einander, namentlich der Yttererde vom Uranoxyd, noch nicht aufgefunden worden war.

Da indessen Hr. Hermann einige kleine Stückchen seines Yttrilmenits an meinen Bruder gesandt hatte, so konnte man sich von der Identität des Yttrilmenits und des Samarskits vollkommen überzeugen.

Nur in einem Punkte weichen hinsichtlich dieses Minerals die Angaben des Hrn. Hermann wesentlich von den meinigen ab; es ist dieß in dem specifischen Gewichte. Aber diese Verschiedenheit der Angaben beruht auf einer sehr merkwürdigen Eigenschaft des Minerals, die besonders in physikalischer Hinsicht sehr hervorgehoben zu werden verdient.

Das specifische Gewicht bei den verschiedenen Stücken des Samarskits weicht etwas von einander ab, wie dieß auch bei den ihm ähnlichen Mineralien, Gadolinit, Tscheffkinit u. s. w., der Fall zu seyn scheint ¹⁾. Bei den Stücken, die nicht mit Columbi verwachsen waren, und wel-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 59, S. 481.

che eine Niobsäure lieferten, die keine Pelopsäure enthielt, war nach den Wägungen von meinem Bruder, von mir und von Hrn. Wornum das spec. Gewicht 5,625, 5,617 und 5,6142. Stücke, die mir später übersandt wurden, hatten, nach Hrn. v. Peretz, das spec. Gewicht 5,68, und bei einer vor Kurzem angestellten Wägung fand ich dasselbe sogar noch höher, nämlich 5,717.

Bei dem Gadolinit ist der Unterschied in dem spec. Gewicht noch größer; es schwankt bei dem von Ytterby zwischen 4,097 bis 4,226, als Resultat von mehr als 30 Versuchen. Ich habe ferner darauf aufmerksam gemacht, daß verschiedene Bruchstücke des Gadolinites von einem und demselben größeren Stücke schon ein verschiedenes spec. Gewicht zeigen.

Ganz im Widerspruch mit den angeführten Angaben über das spec. Gewicht des Samarskites stehen die des Hrn. Hermann über das des Yttrilmenits. Nach ihm ist dasselbe bei drei verschiedenen Proben 5,398; 5,430 und 5,450. Der Unterschied seiner Angaben von den oben angeführten ist so bedeutend, daß man ihn nicht von den Schwankungen herleiten kann, die zwischen dem spec. Gewichte der verschiedenen Stücke stattfinden mögen.

Der Samarskit zeigt beim Erhitzen eine auffallende Lichterscheinung, wie das der Gadolinit, der Orthit, der Tschefkinit und andere Mineralien zeigen. Alle diese Mineralien verlieren durch Erhitzen und nach der Erscheinung des Erglühens die Eigenschaft, durch Chlorwasserstoffsäure zersetzt werden zu können. — Auch der Samarskit ist im ungeglühten Zustand durch Chlorwasserstoffsäure, obgleich schwer, aufschliefsbar; aber auch er verliert diese Eigenschaft, nachdem er geglüht worden ist.

Das spec. Gewicht ist bei den Mineralien, welche beim Glühen eine Lichterscheinung zeigen, nach dem Glühen weit bedeutender, als im ungeglühten Zustand, wenn auch durch's Glühen kein Unterschied oder fast kein Unterschied hinsichtlich des absoluten Gewichts hervorgebracht wird. Scheerer zeigte dies beim Gadolinit, Orthit und Allanit von Nor-

wegen ¹⁾). Beim Gadolinit von Ytterby fand ich, daß während der Glühverlust nur zwischen 0,38 und 0,43 Procent beträgt, das spec. Gewicht des ungeglühten und des geglühten Minerals sich wie 4,097 zu 4,287 und wie 4,226 zu 4,456 verhält ²⁾). Beim Tschefkinit ist das spec. Gewicht des ungeglühten Minerals zwischen 4,508 und 4,5296; das des geglühten hingegen 4,615, und wenn er geschmolzen ist, wodurch er krystallinisch wird, 4,717 ³⁾).

Bei dem Samarskit findet aber hinsichtlich des spec. Gewichts im ungeglühten und geglühten Zustande gerade das Umgekehrte statt. Er erhält nach dem Glühen, und nachdem die Lichterscheinung sich gezeigt hat, ein höheres spec. Gewicht als er zuvor hatte, ein Umstand, worauf ich schon vor längerer Zeit aufmerksam gemacht habe ⁴⁾).

Bei meinen früheren Versuchen erhielt ich folgende Resultate. Das angewandte Mineral im ungeglühten Zustande hatte das spec. Gewicht 5,617. Durch's Erhitzen decrepitiert es sehr heftig, so daß es nicht möglich war, mit Genauigkeit den Glühverlust zu bestimmen und zugleich die Lichterscheinung bemerken zu können. In zwei Versuchen betrug derselbe 0,44 und 1,02 Proc., aber diese Angabe ist gewiß ungenau, und man kann mit Bestimmtheit annehmen, daß derselbe bei weitem geringer ist. Das spec. Gewicht des geglühten Minerals im gepulverten Zustande fand ich in drei verschiedenen Versuchen 5,485; 5,407 und 5,3736.

Später habe ich diese Resultate bestätigt. Die angewandten Stücke des ungeglühten Minerals hatten das spec. Gewicht 5,715; nach dem Glühen und nachdem die Lichterscheinung sich gezeigt hatte, war das spec. Gewicht als Pulver 5,3735.

Durch das Glühen erleidet dieß Mineral keine Verän-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 51, S. 493.

2) Ebendaselbst, Bd. 59, S. 481.

3) Ebendaselbst, Bd. 62, S. 591.

4) Ebendaselbst, Bd. 52, S. 591.

derung in der Farbe, wenn es beim Ausschluss der Luft geschieht. Beim Zutritt der Luft werden die obersten Stücke während der Lichterscheinung etwas hellbräunlich.

Da Hr. Hermann die Meinung geäußert hat, daß das von mir untersuchte Mineral vielleicht ein anderes sey, als sein Yttrilmenit, so untersuchte ich das spec. Gewicht der kleinen Quantität des Yttrilmenits, welche er an meinen Bruder gesandt hatte. Das Gewicht der ausgesuchten Stücken betrug noch nicht 3 Grammen. Ich fand das spec. Gewicht im ungeglühten Zustand 5,703; das des geglühten und gepulverten Minerals aber 5,454.

Man sieht hieraus, daß die Angaben des Hrn. Hermann über das spec. Gewicht des Samarskits richtig sind, sich aber auf das Mineral im geglühten Zustand beziehen.

Es ist so wahrscheinlich anzunehmen, daß wenn ein Körper durch's Glühen in einen isomerischen Zustand übergeht, während er dabei eine Lichterscheinung zeigt, die Ursache der letzteren aus dem Unterschiede in der specifischen Wärme im ungeglühten und geglühten Zustand herführe. Es ist mir in der That geglückt, nach mehreren fruchtlosen Versuchen zu finden, daß die Lichterscheinung, welche der Gadolinit und das mittelst Ammoniak gefällte Chromoxyd zeigen, mit einer plötzlichen Freiwerdung von Wärme begleitet ist ¹⁾. Es schien mir nun wichtig zu untersuchen, ob eine ähnliche plötzliche Wärmeentwicklung auch beim Erhitzen des Samarskits während der Lichterscheinung bemerkt werden kann, da bei diesem Minerale durch's Glühen keine Contraction, sondern eine Dilatation des Volumens stattfindet.

Ich wandte zu diesen Versuchen denselben Apparat an, den ich früher beim Gadolinit und beim Chromoxyd benutzt hatte. Ich glühte das Mineral in einer an einem Ende zugeschmolzenen Glasröhre von schwer schmelzbarem Glase, die mit einer langen, engen Thermometerröhre luftdicht in Verbindung gebracht worden war, welche am Ende gebogen, in eine Flüssigkeit tauchte. Während das Mineral in

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 59, S. 479.

der Glasröhre durch's Erhitzen zum gleichförmigen Glühen gebracht wurde entwich gleichmäfsig ein Theil der durch's Erhitzen ausgedehnten Luft durch die Flüssigkeit. So wie beim Gadolinit und beim Chromoxyd die Lichterscheinung sich zeigte, wurde die Luftentwicklung plötzlich bedeutend stärker; nach Beendigung der Lichterscheinung wurde sie so gleichförmig, wie vor derselben. Beim Samarskit konnte aber, als die Lichterscheinung erschien, keine bedeutendere Luftentwicklung wahrgenommen werden; sie blieb eben so gleichförmig, wie vor und nach derselben.

So wichtig mir das Resultat dieses Versuchs zu seyn scheint, so mufs ich doch bemerken, dafs ich denselben zwar mit aller Sorgfalt angestellt habe, indessen doch nur Quantitäten von 3 bis 4 Grammen dazu anwenden konnte. In den Versuchen mit Gadolinit und Chromoxyd habe ich wohl zehnfach gröfsere Mengen benutzen können. Es wäre daher wohl wünschenswerth, dafs Chemiker, die gröfsere Mengen des Minerals zu ihrer Verfügung haben, mit diesen den Versuch wiederholen möchten.

Wenn sich aber die beschriebenen Versuche bestätigen sollten, so scheint dadurch eine Vermuthung, welche ich vor längerer Zeit geäußert habe ¹⁾, etwas an Wahrscheinlichkeit zu gewinnen. Wenn Körper aus einer Modification in eine andere isomere übergehen, und dadurch in ihren Eigenschaften sich mehr oder weniger wesentlich verändern, so kann dieser Uebergang entweder mit einer Wärmeentwicklung, oder mit einer Wärme- und Lichtentwicklung, oder nur mit einer Lichtentwicklung verbunden seyn, wenn es überhaupt streng erwiesen ist, dafs eine Lichtentwicklung ohne gleichzeitige Wärmeentwicklung stattfinden kann. In dem ersten Fall, und auch in dem zweiten Fall kann dabei eine Contraction, im dritten Fall eine Dilatation des Volumens stattfinden. Auch die Lichterscheinungen bei der Krystallisation gewisser Substanzen, wenn dieselben aus dem glasartigen in den krystallinischen Zustand übergehen, gehören zu dem dritten Fall; und nach den Un-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 52, S. 599.

tersuchungen von Guibourt zeigt die glasartige arsenichte Säure ein höheres spec. Gewicht als die porcellanartige oder krystallisirte. Wenn also glasartige arsenichte Säure aus ihrer Auflösung in Chlorwasserstoffsäure unter Lichterscheinung krystallisirt, wobei ich keine Wärmeentwicklung bemerken konnte, so scheint diese Erscheinung der Lichterscheinung beim Glühen des Samarskits analog zu seyn. — Die Lichterscheinung also, welche bei dem Uebergang einer Substanz in einen andern isomerischen Zustand wahrgenommen wird, kann gleichsam ein Aequivalent für die Wärmeentwicklung seyn, die bei ähnlichen Gelegenheiten sich zeigt, und während bei letzterer eine Contraction stattfindet, nimmt man bei ersterer eine Dilatation wahr.

Hr. Hermann hat die Ilmensäure, aufer in dem Yttrilmenit, auch in dem *Pyrochlor* von Miask gefunden. Ich habe zwar dieses Mineral nicht selbst untersucht, aber Hr. Wöhler, der dasselbe analysirt hat, schickte mir die aus demselben dargestellte Säure. Ich fand, daß dieselbe vorzugsweise aus Niobsäure besteht, gemengt mit etwas Wolfram- und Pelopsäure, und einer nicht ganz unbeträchtlichen Menge von Titansäure.

XIII. *Analyse des Braunauer Meteoreisens;* *von A. Duflos und N. W. Fischer.*

1) Behandlung mit Salpetersäure.

5,16 Gramm von der Meteormasse, welche mittelst einer gehärteten Feile von der ganzen Masse abgefeilt worden waren, wurden in einer Kochflasche, welche mit einem Gasableitungsrohr versehen war, dessen äußerer Schenkel unter Wasser ausmündete, mit einem Ueberschuß reiner Salpetersäure bis zur vollständigen Auflösung behandelt, und die Flüssigkeit bei mäßiger Wärme bis zur Trockne verdunstet.

Das vorgeschlagene Wasser reagierte auf *Chlor*.

Der Rückstand im Kölbchen wurde mit Aetzammoniak wiederholt ausgekocht und filtrirt. Das bläulich gefärbte Filtrat wurde mit Salpetersäure angesäuert, darauf mit salpetersaurer Silber- und Barytauflösung geprüft.

Das erste Reagens gab *Chlor*, das zweite Schwefelsäure, und somit *Schwefel* zu erkennen.

Nachdem mit Chlorwasserstoffsäure das überschüssige Silber und mit verdünnter Schwefelsäure der überschüssige Baryt ausgefällt worden war, wurde das Filtrat von Neuem mit Aetzammoniak alkalisch gemacht und Schwefelwasserstoffgas dazu geleitet. Der entstandene schwarze Niederschlag wurde auf ein Filtrum gebracht, das Filtrat von Neuem mit Salpetersäure angesäuert, durch Verdunsten concentrirt, filtrirt und zuerst mit kaustischem, dann mit klee saurem Ammoniak versetzt.

Es entstand eine weiße Trübung, welche durch Essigsäure nicht verschwand, daher Kalk und folglich *Calcium*. Die von klee saurem Kalk abfiltrirte Flüssigkeit wurde mit phosphorsaurem Ammoniak versetzt.

Es entstand nach längerer Zeit ein krystallinischer Niederschlag, daher Magnesia, folglich *Magnesium*. Der von Ammoniak nicht gelöste Antheil der zur Trockne verdunsteten salpetersauren Auflösung (Eisenoxyd) wurde mit Chlorwasserstoffsäure behandelt, wodurch es bis auf einige unbedeutende weiße Flocken sich löste.

Dieser höchst unbedeutende Rückstand war Kieselsäure, folglich *Silicium*.

Die chlorwasserstoffsäure Lösung wurde mit kohlensaurem Baryt versetzt und kalt damit digerirt. Nach 24 Stunden wurde das abgeschiedene Eisenoxyd abfiltrirt, der Baryt im Filtrat mit Schwefelsäure ausgefällt abermals filtrirt, das Filtrat mit Aetzammoniak übersättigt und Schwefelwasserstoff eingeleitet. Es entstand ein schwarzer Niederschlag, welcher auf dasselbe Filter, worauf bereits der erste Niederschlag gesammelt worden war, gebracht und sorgfältig mit Schwefelwasserstoffwasser ausgesüßt wurde. Dieser

Niederschlag wurde in Salpetersäure gelöst und die Lösung mit Aetzkaliösung versetzt.

Es entstand ein apfelgrüner Niederschlag. *Nickeloxydhydrat*, folglich *Nickel*.

Dieses Nickeloxydhydrat ausgesüßt, getrocknet und geglüht, betrug, von den in Arbeit genommenen 5,16 Gramm, 0,364. Da beim Wiederauflösen in Chlorwasserstoffsäure Chlor entwickelt und aus der Lösung mit salpetrigsaurem Kali ein gelber Niederschlag gebildet wurde, so enthält das Nickeloxyd Kobalt. Es wurde daher von Neuem in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, die Lösung mit salpetrigsaurem Kali im Ueberschuß versetzt, der dadurch gebildete Niederschlag — ein aus salpetrigsaurem Kali und Kobaltoxyd bestehendes Doppelsalz — abfiltrirt und das Filtrat abermals mit Aetzkali gefällt ¹⁾. Dieser Niederschlag, getrocknet und geglüht, wog 0,329 Grm. = 0,2589 *Nickel*. Aus dem gelben Kobaltniederschlag wurden 0,0348 Kobaltoxyd = 0,0273 *Kobalt* erhalten.

- 1) Indem wir durch die Chlorentwicklung beim Auflösen in Salzsäure die Gegenwart von Kobalt erkannten, und zur Scheidung desselben vom Nickel schreiten wollten, erinnerte ich mich einer vor langer Zeit (1830) gemachten Beobachtung, nach welcher salpetrichsaures Kali das Kobalt aus der Auflösung als ein gelbes unlösliches Pulver — ein Doppelsalz — niederschlägt. Da ich nun bei einer näheren Untersuchung fand, daß diese Reaction des salpetrichsauren Kalis vollkommen dazu sich eignet, um Kobalt von Nickel vollständig zu trennen, so wandten wir dieses Verfahren bei unserer Untersuchung an. Dieses Verfahren zeichnet sich sowohl durch seine Einfachheit als Leichtigkeit vor allen anderen aus, indem es einzig und allein darin besteht, daß man zu der salpeter- oder salzsauren Auflösung beider Metalle eine gesättigte Auflösung von salpetrigsaurem Kali im Ueberschuß setzt, wodurch sofort oder nach einiger Zeit — je nach der Concentration der Auflösungen — der größte Theil des Kobalts gefällt wird. Um vollends jede Spur abzuscheiden, wird die Flüssigkeit bei gelinder Wärme zur Trockne verdampft, und der Rückstand in Wasser, mit etwas Aetzammoniak versetzt, aufgelöst. Das Kobalt bleibt dann als gelbes Pulver ungelöst. Ueber das Nähere dieser Scheidung, die Natur dieses Doppelsalzes, so wie über salpetrigsaure Salze überhaupt in der Folge.

2) Behandlung mit Chlorwasserstoffsäure.

2 Grm. wurden mit einem Uebermaafs von mäfsig verdünnter Salzsäure ohne Anwendung von Wärme digerirt, bis keine Einwirkung mehr wahrgenommen wurde. Es blieben einige wenige schwarze Flocken ungelöst, welche durch Abgiefsen der Auflösung von Wasser, Absetzenlassen und Abgiefsen von dem Aufgelösten getrennt, endlich auf Platinblech gebracht, darauf eingetrocknet und bis zum Glühen erhitzt wurden. Als das Blech glühte, war ein schnelles Verglimmen (folglich Kohlenstoff) sichtbar, und ein äufserst geringer grauer Rückstand (Kieselsäure) auf dem Blech zurückgeblieben.

Die salzsaure Lösung wurde mit Schwefelwasserstoffgas angeschwängert und lose bedeckt an einen warmen Ort 24 Stunden lang gestellt. Nach dieser Zeit hatte sich eine geringe Menge eines schmutzig bräunlichweissen Niederschlags auf dem Boden des Gefäfses angesammelt. Die darüber stehende klare Flüssigkeit wurde abgegossen, der Niederschlag auf ein Filter gesammelt, mit Schwefelwasserstoffwasser, wozu ein wenig Salzsäure gesetzt war, ausgesüfst, und endlich auf dem Filter selbst mit Ammoniumsulfhydrat behandelt, wodurch er mit Hinterlassung eines geringen schwärzlichbraunen Rückstands aufgelöst wurde. Letzterer wurde auf demselben Filter mit etwas mäfsig verdünnter erwärmter Salpetersäure übergossen, die salpetersaure Flüssigkeit in einem Uhrglase bei gelinder Wärme eingetrocknet, der Rückstand hierauf mit Aetzammoniak versetzt, ein Tropfen aufgelöstes Blutlaugensalz zugefügt und das Ganze sich selbst überlassen. Nach mehreren Stunden trat eine sehr deutlich wahrnehmbare Abscheidung von Kupfereisencyanür ein, folglich *Kupfer* ¹⁾).

1) Unter allen Reagentien für Kupfer habe ich das Kaliumeisencyanür, in der angegebenen Art angewandt, als das empfindlichste und sicherste gefunden, wodurch die geringsten Spuren in der Auflösung der verschiedensten Metallsalze zu entdecken sind. Die Auflösung, in welcher man Spuren von Kupfer vermuthet, wird nämlich mit Aetzammoniak versetzt und mit einer geringen Menge Kaliumeisencyanürlösung versetzt. Un-

Die geschwefelte ammoniakalische Flüssigkeit wurde eingetrocknet, der Rückstand mit Soda gemengt und ein Theil der Mischung auf der Kohle vor dem Löthrohr erhitzt. Die Entwicklung eines knoblauchartigen Geruchs war unzweideutig wahrnehmbar, folglich Arsenik.

Von der Eisenoxydullösung wurde behufs der quantitativen Bestimmung des Eisens ein Theil, welcher 0,217 Grm. der Substanz entsprechend war, durch Salpetersäure oxydirt, darauf stark verdünnt und tropfenweise in einem Uebermaasse von siedender Ammoniakflüssigkeit eingetragen. Das Eisenoxydhydrat wurde gesammelt, ausgewaschen, getrocknet und geglüht. Es wog 0,285 Grm. Dieses giebt für 5,16 Grm. des Meteoreisens 6,773 Oxyd, $= 4,7411$ metallisches Eisen. Eine zweite gleiche Portion von der Eisenoxydauflösung wurde oxydirt, mit Ammoniak neutralisirt und mit bernsteinsaurem Ammoniak gefällt. Der gesammelte ausgesüßte und geglühte Niederschlag wog 0,285, also eben so viel wie im vorhergehenden Versuche.

3) Behandlung mit Alkalien.

1 Grm. von der gefeilteten Substanz wurde mit dem Fünffachen eines Gemisches aus gleichen Theilen reinen salpetersauren Kalis und kohlensauren Natrums gemengt und in einem silbernen Tiegel einige Zeit im glühenden Fluß erhalten. Die erkaltete Masse wurde mit Wasser gekocht, die Abkochung filtrirt und das Filtrat mit verdünnter Schwefelsäure übersättigt, wodurch es sich gelb färbte. Schweflige Säure brachte darin keine grüne Färbung hervor. Es wurde mit Ammoniak übersättigt, wodurch keine Trübung eintrat, darauf Schwefelwasserstoffgas eingeleitet und das Gemisch in einem verschlossenen Gefäße hingestellt. Nach mehreren Tagen hatten sich einige wenige bräunliche Flokken abgelagert. Sie wurden durch Abgießen und Filtriren

mittelbar ist natürlich keine Reaction wahrzunehmen, aber in dem Grade als in dem offenstehenden Gefäße das Ammoniak sich verflüchtigt, stellt sich die Röthung der Flüssigkeit und später auch die Abscheidung des *Kupferisencyanürs* an den Wänden des Gefäßes ein. F.

von der Flüssigkeit getrennt, darauf in einigen Tropfen Salpetersäure gelöst, die Lösung mit etwas Soda eingetrocknet und in der Löthrohrflamme auf Platindraht erhitzt. Die Probe färbte sich blaugrün, folglich *Mangan*.

Die klare abfiltrirte Flüssigkeit wurde von Neuem mit Schwefelsäure übersättigt, bis auf die Hälfte verdunstet, abermals filtrirt, und das Filtrat mittelst einer ammoniakalischen Bittersalzlösung auf Phosphorsäure geprüft — es fand auch nach längerer Zeit keine Fällung statt.

Aus allem diesen geht hervor, daß das Meteoreisen von Braunau in seiner qualitativen und quantitativen Zusammensetzung die größte Aehnlichkeit mit dem von Bohumilz besitzt. Seine Bestandtheile sind, wie aus dem vorhergehenden hervorgeht, in 100 Theilen:

Eisen	91,882
Nickel	5,517
Kobalt	0,529
Kupfer	} 2,072
Mangan	
Arsenik	
Calcium	
Magnesium	
Silicium	
Kohlenstoff	
Chlor	}
Schwefel	
	<hr/> 100,000. 1)

XIV.

- 1) Seit der Anstellung dieser Analyse hat sich noch die merkwürdige Thatsache ergeben, daß das Braunauer Meteoreisen nicht durchweg homogen ist, sondern Knollen von *Schwefeleisen* (worin — der *Schles. Zeit.* vom 14. Oct. zufolge — Hr. Prof. Fischer auch Kohle, Phosphor und Chrom gefunden) eingeschlossen enthält. Man verdankt diese Thatsache zunächst der Liberalität des Hrn. Prälaten Dr. Rotter, Abt der Benedictiner Abtei zu Braunau, welcher bereitwilligst gestattete von der zu Hauptmannsdorf gefallenen Masse Stücke für verschiedene Breslauer Institute, für Hrn. v. Humboldt und für die Berliner Mineralien-Sammlung abzusägen. Das letztere, recht bedeutende Stück enthält auch einen solchen Einschluss. (P.)

XIV. *Ueber die Bildung einer blauen Oxydationsstufe des Platins, so wie einiger anderen Oxyde der edlen Metalle auf galvanischem Wege;*
von Dr. Hittorf aus Bonn.

Nachdem Berzelius der Ansicht von De la Rive über die Natur des Ozons beigetreten, lenkt Schoenbein ¹⁾ die Aufmerksamkeit wieder auf die verschiedenen Umstände, unter denen der Sauerstoff am kräftigsten oxydirend aufzutreten pflegt. Mit Recht hebt er das Verhalten der Superoxyde hervor, deren zweites Sauerstoffatom als eines der stärksten Oxydationsmittel bekannt ist. Vor allen dürfte hier an die Superoxyde der Alkalien zu erinnern seyn, welche wohl jedes Metall anzugreifen im Stande sind. Seit ihrer Entdeckung durch Gay-Lussac und Thénard sind sie vielleicht nicht mehr zur Untersuchung gezogen worden, und dadurch etwas in Vergessenheit gerathen.

Ein sehr bequemes Mittel, dieselben zu erhalten und ihre Einwirkung auf die Metalle zu studiren, besitzen wir in der galvanischen Kette. Zersetzen wir nämlich die Sauerstoffsalze der Alkalien in geschmolzenem Zustande, so wird der negative Pol, aus welchem Metall er bestehen mag, sehr heftig angegriffen. Meine Beobachtungen erstrecken sich auf die leichtflüssigen Salze, auf die salpetersauren und chlorsauren, so wie auf die Hydrate der Alkalien. Dieselben erfordern im geschmolzenen Zustande keinen stärkeren Strom zur Zerlegung, als in wässriger Lösung. Schon zwei gewöhnliche kleine Grove'sche Elemente reichen hin, um die zu beschreibenden Erscheinungen hervorzurufen. Wendet man ein einziges an, so ist die Zersetzung, der Polarisierung der Elektroden wegen, sehr schwach. In der Regel benutzte ich, um die Wirkung zu verstärken, drei bis fünf Elemente. Das Salz befand sich in einem Porcel-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 71, S. 517.

lan- oder Silbertiegel über der Berzelius'schen Lampe im Flusse. Die Elektroden endlich waren dünne Streifen der verschiedenen Metalle.

Ich beginne mit dem Verhalten, welches die salpetersauren Salze während der Zersetzung zeigen. Wird der positive Pol von Platin gewählt, so entwickelt sich daran der Sauerstoff in großen Blasen, und zugleich zeigen sich die gelben Dämpfe der salpetrigen Säure. Am negativen Pol findet keine Gasentwicklung statt. Am heftigsten von den edlen Metallen wird das Platin hier oxydirt. Von der Platte fließt im Kali-Salpeter fortwährend eine tiefblaue Flüssigkeit ab; sie geht sogleich, wie sie die Streifen verläßt, in ein gelbes und grünes Oxyd über, welche beide, mit einander gemengt, im Salpeter suspendirt bleiben. Nach dem Erkalten zieht das Salz Feuchtigkeit an, und das grüne Oxyd verwandelt sich in das gelbe. Im salpetersauren Natron, in welchem die Oxydation weit schwächer stattfindet, erscheint die blaue Farbe heller und schöner, und gleicht ganz dem Berlinerblau. Aus diesem Oxyde entsteht hier nun das gelbbraune. Man darf bei diesem Versuche die Temperatur des geschmolzenen Salzes nicht zu hoch halten; am besten ist diejenige, bei der das Salz eben vollkommen flüssig geworden. In der Hitze, in welcher der Salpeter schon Sauerstoff abgibt, beobachtet man sowohl im Kali- als Natron-Salpeter, an der Platte wie im Salze nur das gelbbraune Oxyd.

Ist der negative Pol von Gold, so entsteht im Kali-Salpeter in hoher Temperatur eine grüne Flüssigkeit, welche aber nur an dem Streifen zu bemerken ist. Sobald sie abfließt, ist sie reducirt; braunes Gold bleibt im Salze verbreitet. Diese grüne Oxydationsstufe bildet sich nicht in niedriger Temperatur und im salpetersauren Natron. Es entsteht hier das schwarzviolette Oxyd, welches theilweise unzersetzt bleibt. Auffallenderweise haftet dasselbe sehr fest an den Wänden des Porcellantiegels, läßt sich nicht abwischen und widersteht dort der Zersetzung in der höchsten Temperatur, welche die Lampe giebt. Es färbt das

Innere des Tiegels violett; die Stellen, auf denen eine sehr dünne Schicht liegt, erscheinen roth.

Das Silber bildet als Kathode das schwarze Oxyd, welches sich in niedriger Temperatur im Salpeter erhält, in höherer aber reducirt wird.

Die seltneren edlen Metalle standen mir nicht zu Gebot; ohne Zweifel werden sie ebenfalls oxydirt werden. Die unedlen Metalle bilden die gewöhnlichen Oxyde. Nur des Eisens will ich Erwähnung thun, da man vielleicht eine andere Oxydationsstufe unter diesen Umständen erwarten könnte. Es entsteht das gelbe Eisenoxyd (Fe) in grosser Menge. Unterwirft man das salpetersaure Natron der Zersetzung bei einer Temperatur, die möglichst niedrig ist, bei der also das Salz eben schmilzt, so erscheinen an der negativen Platte kleine gelbe Lichtfünkchen. Dieselben werden bedeutend grösser und zahlreicher, wenn man den Streifen nur so weit eintaucht, dass er die Oberfläche eben berührt. Es ist das Natrium, das sich einige Augenblicke metallisch erhalten kann und an der Luft verbrennt. Der eingetauchte Theil bedeckt sich in dieser Temperatur mit einer weissen Kruste von Natron.

Im salpetersauren Kali tritt das Kalium nicht unter diesen Umständen auf; dagegen erschienen im chlorsauren Kali am negativen Pole die Lichtpünktchen. Dasselbe zeigt sonst das ganz analoge Verhalten, taugt aber weniger dazu, jene Oxyde zu bekommen. Auch die Hydrate der Alkalien eignen sich nicht zu diesen Versuchen. An der Kathode findet in derselben eine fortdauernde Verbrennung des sich ausscheidenden Kaliums und Natriums statt. Die Platte wird nur an der Stelle oxydirt, welche die Oberfläche des geschmolzenen Salzes berührt. Hier findet sich nämlich nach einiger Zeit ein tiefer Einschnitt, ja der ganze eingetauchte Theil löst sich hier ab, wenn man den Strom lange genug durchleitet. Durch die Hitze werden die gebildeten Oxyde des Goldes und Silbers sogleich reducirt; vom Platin findet man das gelbbraune Oxyd. In möglichst niedriger Temperatur bleibt das Kalium einige Augenblicke metallisch;

es breitet sich wie Quecksilber über die Oberfläche des Salzes aus und verbrennt dann mit rother Flamme.

Am besten beobachtet man überhaupt die Oxydation, wenn man die negative Platte in der Flüssigkeit hebt und senkt, oder sie nur so weit eintaucht, daß sie dieselbe eben berührt. Zieht man den Streifen rasch aus der Flüssigkeit, so findet man ihn mit einer schön gelbrothen Schicht bedeckt, die besonders deutlich beim Silber auftritt. Sie nimmt aber sogleich die beschriebenen Farben an, indem sie das Metall oxydirt. Es ist dieß das Superoxyd des Alkalimetalles; seine Bildung bedingt eben die Oxydation der negativen Platte.

Die Zersetzung der Salze entspricht ganz der Theorie, welche Daniell gegeben. Durch den galvanischen Strom wird das salpetersaure Salz so zerlegt, daß die Säure und der Sauerstoff der Basis am positiven, das Metall am negativen Pole abgesondert wird. Erstere zerfällt dort in Sauerstoff und salpetrige Säure. Das Alkalimetall kommt ebenfalls in der Regel nicht zum Vorschein; es oxydirt sich sogleich auf Kosten des unzersetzten Salpeters bis zum Superoxyd. Das Salz zeigt, nachdem es der Zersetzung einige Zeit unterworfen, stark alkalische Reaction; mit Säure übergossen, entwickelt es Stickoxydgas, enthält also freies und salpetrigsaures Alkali. In den Hydraten entsteht aus dem Metall im Innern der Flüssigkeit nur Kali oder Natron; an der Oberfläche dagegen verbrennt dasselbe bis zum Superoxyd. Daher kann die Oxydation der Platte auch nur an dieser Stelle stattfinden.

Wenngleich die negative Platte sehr rasch aufgefressen wird, so ist es doch unmöglich eines der Oxyde der edlen Metalle, das gelbbraune des Platins ausgenommen, zur Analyse zu erhalten, da jene Veränderungen auf diesem Wege nicht zu vermeiden sind. Die blaue Platinverbindung erhält sich zuweilen beim raschen Herausziehen als dünne Schicht auf der Platte; gewöhnlich geht sie aber noch während des Erkaltes in das gelbbraune Oxyd über. Die Beständigkeit des violetten Goldoxyds an den Tiegelwänden ist interessant für die Bildung des Rubinglases.

Die Oxydation, welche Platin, Gold und Silber im geschmolzenen Kalihydrat stets erleiden, beruht bekanntlich ebenfalls auf der Bildung des Superoxyds. Am Multiplikator verhalten sich die drei Metalle so, daß Silber am negativsten ist; dann folgt Gold und endlich Platin. Erhält man daher Kalihydrat in einem Silbertiegel einige Minuten im Schmelzen, und tauche dann einen Goldstreifen hinein, so wird derselbe ganz hübsch versilbert.

XV. *Ein neues Gasometer; von Wallmark.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus der *Oefversigt af Kongl. Vetensk. Acad. Förhandl.*, 1847, Jun. 9.)

Das vom Hrn. Verf. erfundene und der K. Academie vorgezeigte Gasometer hat folgende Einrichtung.

A (Taf. V, Fig. 6, 7, 8) ist ein auf Stellschrauben ruhender Träger von Gufseisen. Derselbe besteht aus einem Dreifuß mit den darin sitzenden Stellschrauben, ferner einer aufrechten Säule und zu oberst einer runden dicken Scheibe (Bricke). Scheibe und Säule haben einen durchbohrten Schacht a_1 , und die Scheibe besitzt nahe an ihrem Umfang eine tiefe, nach unten etwas erweiterte Nuthe a_2 (Fig. 8), worin der Glaszylinder B eingekittet ist ¹).

In den nach oben gekehrten Boden dieses Cylinders sind drei Löcher gebohrt. Im mittelsten und größten derselben sitzt eingekittet die Glasröhre C ²), die an beiden

1) Der Kitt, dessen ich mich zu diesem Apparat bediente, besteht aus 8 Gewichtsthl. klaren Kolophoniums und 2 Th. weißen Waxes, die zusammengeschmolzen, und denen nun 4 Th. geschlämmten Eisenoxyds, und endlich, ohne weitere Erhitzung, 1 Th. venetianischen Terpenthins eingemengt wurden. Dieser Kitt ist zu dergleichen Behufe vortrefflich, aber ein damit gekitteter Apparat darf nicht starker Sonnenhitze oder einer anderen entsprechenden Wärme ausgesetzt werden.

2) In dem vorgezeigten Apparat hat diese Glasröhre 17^{mm},0 inneren und 19^{mm},0 äußeren Durchmesser.

Enden offen ist und mit dem unteren etwa 5^{mm} über der obersten Ebene des eisernen Fusses bleibt. Diese Röhre ist auf zwei gegenüberstehenden Seiten in Millimeter getheilt, und durch eingewogenes Quecksilber genau calibriert. Das Resultat dieser Calibrirung ist in eine Tafel gebracht, welche die Höhe des Quecksilbers in der Röhre für jedes Kubikcentimeter angiebt. Die Enden der Röhre sind den gegenüberliegenden Gradstrichen genau parallel. In einem anderen Loche desselben Bodens befindet sich eingekittet ein rechtwinklich gebogenes Stahlrohr *D* (Fig. 6, 9, 10). Dieses trägt an seinem äusseren Ende einen Stahlhahn *d*, dessen Zapfen in der Axe von zwei unter sich winkelrechten und einander treffenden Löchern durchbohrt ist; ferner trägt es ein horizontales Rohr *d*₁ und ein verticales *d*₂, wodurch man nach Belieben eine Gemeinschaft herstellen kann zwischen dem Inneren des Glascyinders und dem verticalen Rohr *d*₂, sobald der Hahn die Stellung α hat, oder zwischen diesem Rohr und dem horizontalen *d*₁, wenn man den Hahn in die Stellung β dreht. In jeder andern ist der Hahn geschlossen. Endlich ist in dem dritten und kleinsten Loche des Cylinders ein empfindliches und auf dem Glasstiel getheiltes Thermometer eingekittet ¹⁾).

- 1) Theils um eine vollkommene Dichtigkeit zu erhalten, theils um bei Füllung des Apparats mit Quecksilber alle Luft durch den Hahn *D* auszutreiben, theils weil das Thermometer nicht die Schmelztemperatur des Kittes ertrug, geschahen diese Kittungen auf folgende Weise: Nachdem die Röhre *C* mit umgebundenen Faden und Wachs an seine Stelle eingesetzt und am unteren Ende mit Kork befestigt worden, so daß es seine Lage nicht verändern konnte, wurden die anderen Löcher im Boden durch Holzstifte, welche noch ein Stück weiter als durch den Boden gingen, verschlossen. Der Cylinder wurde nun in geneigte Stellung gebracht, der Kitt eingethan und durch vorsichtige Erwärmung geschmolzen; vermöge der Neigung kam er nun in dickeren Lagen zu dem Thermometer. Während der Erstarrung des Kitts wurden die Holzstifte gezogen. In das eine Loch wurde nun mit Kitt der Hahn eingesetzt, und dessen Mündung bis weiteres mit einem dazu geformten Messingpfropfen mit langem Stiel verschlossen. Endlich ward auch das Thermometer eingesetzt, darauf wurden alle Undichtheiten durch einen an einem Ende erwärmten Metallstab fernerweitig verkittet, und das ganze Kittgewölbe in ebener Aufsteigung bis zur Hahnmündung gebildet.

Im oberen Theil der Säule des Eisenfusses befindet sich ein horizontales Loch mit Schraubenmutter, worin ein hohler Stahlzapfen G (Fig. 6, 7, 11) festgeschraubt ist. Derselbe hat querdurch ein Loch g_1 , welches mittelst eines längs der Axe gehenden Kanals g_2 mit dem Schachte communicirt; auch hat er eine ausgedrehte Rinne g_3 , und auf ihm steckt ein Stahlstück, welches mit der Handhabe h_1 gedreht werden kann und bei jeder beliebigen Stellung eine Gemeinschaft der Röhre h_2 mit dem Schachte a_1 gestattet. In die Röhre h_2 ist ein Glasrohr eingekittet, an das obere Ende dieses ein Stahlhahn K , und an letzteren wiederum ein kleiner Glastrichter L 1). O ist ein zugleich mit dem Thermometer eingekitteter Eisendraht, welcher, indem er durch einen kleinen Knopf o gegen die innere Glaswand federt, Festigkeit bekommt, und bei etwas verschiedener Höhe in zwei dünne Spitzen o_1 und o_2 ausläuft; a_3 sind zwei Löcher zum Reinigen des Apparats, welche durch Schrauben P verschlossen werden, und a_4 ist ein Loch zum Abzapfen, welches durch Schraube N verschlossen wird. Auf Tafel V haben die Figuren 6, 7, 8, 9, 12 ein Viertel der wahren Gröfse und Fig. 10, 11, 13 die volle Gröfse. Der vorgezeigte Apparat erfordert etwa 650 C. C. oder 21 schwed Pfund Quecksilber zum Füllen, und gestattet wenigstens 450 C. C. Gas zu messen.

Füllung des Apparats mit Quecksilber. Der Hahn d wird in die Stellung α gebracht und auch K geöffnet. Darauf giefst man in den Trichter L Quecksilber 2), welches demnach zuerst den Schacht a_1 anfüllt. Wenn der Apparat zuvor leer ist, thut man wohl, etwas Quecksilber durch den Abzugskanal a_4 abfließen zu lassen, um sicher zu seyn, dafs keine Luft darin bleibe. Um zu verhindern, dafs Luft

1) Die Idee des Gebrauchs einer winkelrecht gebogenen Röhre zum Herauslassen vom Wasser oder Quecksilber bei Gasversuchen gehört bekanntlich Mohr (Pogg. Ann., Bd. 59, S. 139).

2) Der Verf. bedient sich als Quecksilberbehälter eines Glascylinders mit einem Loch im Boden, worin ein Hahn mit Pfeife eingesetzt ist. Dieser Behälter steht auf einem Dreifufs neben dem Apparat.

durch die Röhre *J* eindringe, neigt man diese, bis Quecksilber herausfließt, verschließt nun den Hahn *K*, stellt die Röhre dann senkrecht, und öffnet hierauf den Hahn *K* beim Eingießen nicht eher als bis sich Quecksilber im Trichter befindet. Bei fortgesetztem Zugießen steigt das Quecksilber in den Cylinder *B* und in die Röhre *C*, bis es durch den Hahn *d* und durch das Loch *d*₂ auszufließen beginnt; dann schließt man den Hahn *d* und schafft das in der kleinen Röhre *d*₂ befindliche Quecksilber fort. Die Höhe des Quecksilbers in der Röhre *C* wird abgelesen, nachdem deren oberes ebengeschliffenes Ende mittelst der Stellschrauben des Apparats und mittelst einer auf dieses Ende gesetzten Dosenlibelle horizontal gestellt ist. Diese Einstellung ist bei allen Ablesungen am Rohre *C* nothwendig. Bei sehr genauen Bestimmungen wird die Temperatur des Quecksilbers aufgezeichnet.

Gas in den Apparat zu bringen und zu messen. Man schraubt die Stahlröhre *E* auf, wie Fig. 10 zeigt, und setzt sie in luftdichte Verbindung mit der Röhre, durch welche das Gas in das Gasometer gebracht werden soll; hierauf wird der Hahn *d* in die Stellung α zurückgedreht. Die gebogene Glasröhre *M* (Fig. 7) paßt man mit einem ihrer Enden, um welches ein Faden gewickelt ist, in den Hals des Trichters *L*, bringt die Röhre *I* mit der Handhabe *H* in eine geneigte Lage und öffnet den Hahn *K*; dann rinnt Quecksilber aus und saugt Gas in den Apparat. Nach beendigter Einsaugung verschließt man den Hahn *K*, nimmt die Röhre *M* fort, stellt *I* wieder vertical, und läßt nun Quecksilber ein- oder austreten, bis das Quecksilber in der Röhre *C* und in dem Cylinder *B* in gleicher Höhe steht, worauf man den Stand des Quecksilbers in der graduirten Röhre *C*, die Temperatur des Gases und den Barometerstand beobachtet. Durch Messung des ausgeflossenen Quecksilbervolums, wenn man davon dasjenige abzieht, welches sich, nach der zuvor erwähnten Calibrirungstabelle, in der Röhre über dem gegenwärtigen Niveau befand, erhält man das *Volum des Gases*, welches nun auf 0° und den mittleren Ba-

rometerstand reducirt werden kann. Auch kann man das Quecksilber in der Röhre höher stehen lassen, und auf diese Weise so viele controlirende Versuche machen wie man will. Macht man wenigstens drei Beobachtungen bei verschiedenen Druckhöhen, so bekommt man sowohl den Barometerstand als das Volum des Gases bei dem mittleren Barometerstand, obwohl nicht so genau wie mit Hülfe eines guten Barometers. Durch Wiederfüllung des Apparats mit dem gemessenen Quecksilber, während das Gas herausgelassen wird, hat man die schärfste Controle für die Richtigkeit der Messung des Quecksilbers. Natürlicherweise kann das Volum auch bestimmt werden, wenn Luft oder ein anderes indifferentes Gas zuvor im Apparate war, aber obiges Verfahren muß befolgt werden, wenn man das Gas, wenigstens sehr nahe, ungemengt haben will. Wie das Gas ganz unvermengt erhalten werden könne, wird sich weiterhin zeigen.

Die Messung des Quecksilbers geschieht in einem Maafse, dessen Volum zu diesem Zweck durch Einwägung von Wasser oder Quecksilber bei einer gewissen Temperatur genau bestimmt worden ist. Hr. W. bedient sich dazu zweier Flaschen mit ab- und ebengeschliffenen Hälsen (von denen die eine 100^{ccm},96 und die andere 26^{ccm},71 faßt), so wie einer Röhre, die 5^{ccm},0 faßt (alles bei $+15^{\circ}$ C.) und durch eingewägtes Quecksilber in Zehntel-Cubikcentimeter getheilt ist, so daß man 0,01 C.C. sicher abliest. Nachdem ein solches Maafs mit Quecksilber gefüllt worden, wird es von Luftblasen befreit (mittels eines Eisendrahts an dessen Ende ein kleines Stück Fell winkelrecht gegen den Eisendraht befestigt ist), dann wieder gehäuft angefüllt und mit einem darauf gelegten ebenen Glasstück abgestrichen.

Zur *qualitativen* oder *quantitativen Untersuchung eines Gemenges von Gasen*, von denen eins oder mehrere sich absorbiren lassen, bringt man, nachdem das Volum des Gemenges wie oben bestimmt worden ist, einen gebogenen Eisendraht hinein (Fig. 12) ¹⁾, an dessen kürzeren Schenkel

1) Bunsen und Playfair schreiben in ihrem „Bericht über die aus Eisen-

eine Art Korb von Stahlfedern befestigt ist, der einen kleinen Cylinder von dem absorbirenden Körper enthält ¹⁾). Dieser Apparat wird in der Röhre C hinabgeschoben, bis er den Boden des Schachts erreicht, dann horizontal geführt, damit der absorbirende Körper seitlich der Unterkante der Röhre komme, und nun heraufgezogen, damit Letzterer in das Gas gelange. Während der Absorption wird Quecksilber nach Maafsgabe des Bedarfes abgelassen, und nach beendigter Absorption der absorbirende Körper herausgenommen. Das rückständige Volum wird auf schon genannte Weise bestimmt. Ist eine Detonation erforderlich, so kann man sie allmählig an geringen Portionen in einem kleinen Eudiometer bewerkstelligen, in welches man das Gas aus dem Gasometer durch eine mit d_2 communicirende Röhre leitet.

Als Beispiel der Anwendung des Apparats zu *organischen Elementar-Analysen*, bei denen zugleich Stickstoff und Kohle zu bestimmen sind, führt Hr. W. einen gemeinschaftlich von ihm und Hrn. L. Svanberg angestellten Versuch mit Schiefsbaumwolle an. Das Gasometer wurde bis 229^{mm},5 in der Röhre C. mit Quecksilber von 15°,6 gefüllt, der Hahn d in die Lage β gedreht und durch denselben geblasen, um ihn von darin gebliebenem Quecksilber zu be-

Hohöfen entwickelten Gase“ (*Report of the British Assoc. for the advancem. of Scienc. f. 1845*) vor, den den Körper haltenden Eisendraht zu amalgamiren, und das aufserhalb des Gases befindliche Ende des Drahts in Quecksilber zu halten, um Adhäsion der Luft und Endosmose zu vermeiden. Diefs habe ich hier nicht beobachtet, weil der in dem Apparat angewandte Eisendraht winkelrecht gegen seine Länge grob angefeilt war, wodurch die feinen Kanäle, welche sich längs einem Drahte im Zieheisen bilden, fortgeschafft wurden; auch habe ich keinen Gastransport längs diesem Drahte bemerkt.

- 1) In einer zu diesem Zweck aus zwei Stücken gebildeten und inwendig verzinneten Form von Messing wurde Kalihydrat, so wie auch Chlorcalcium, die bei nicht zu hoher Temperatur geschmolzen worden, ausgegossen. In dieser Form kann auch das von Bunsen für (l. c.) als Aufsaugungsmittel für Schwefelsäure vorgeschriebene Kohlengemenge, das auch zur Absorption von Kohlenwasserstoff dienlich ist, zusammengepackt werden.

freien; dann wurde er geschlossen und die Röhre *E* aufgeschraubt. In die Verbrennungsröhre wurden 0^m,5208 Schiefsbaumwolle mit Kupferoxyd und metallischem Kupfer eingebracht, dann die Röhre fast luftleer gepumpt und zugeschmolzen. Die Verbrennungsröhre wurde an den äußersten Spitzen der ausgezogenen Enden mit einer Feile geritzt, darauf mittelst Kautschuckröhren in Verbindung gesetzt: an einem Ende mit dem Apparat bei *E* und an dem andern mit einem Chlorcalciumrohr (doch mit einem eingeschalteten Hahn), welches an seinem anderen Ende mit einem Kohlensäuregas-Apparat in Verbindung stand, aus welchem die Luft ausgepumpt worden war. Nachdem die Spitzen der Verbrennungsröhre innerhalb der Kautschuckröhren abgebrochen worden, wurde Kohlensäuregas in die Verbrennungsröhre geleitet, und darauf der Hahn *d* wieder in die Lage β gedreht, so daß das Kohlensäuregas durch die Röhre *d*, ausströmen mußte; letztere war mit einem in Wasser geleiteten Glasrohre verbunden, wodurch man die Schnelligkeit der Kohlensäureentwicklung beobachten und darnach mittelst eines Hahns am Kohlensäuregas-Apparat reguliren konnte. Nachdem man glaubte, das Kohlensäuregas sey hinreichend lange durchgestrichen, sperrte man die Gemeinschaft mit dem Chlorcalciumrohr ab und drehte den Hahn *d* in die Lage α . Nun bewerkstelligte man die Verbrennung und zapfte das Quecksilber ab, in dem Maasse als es durch das entwickelte Gemenge von Kohlensäure und Stickgas ersetzt wurde. Nach dem Schluß der Verbrennung, welcher sich dadurch sehr scharf zu erkennen gab, daß das Quecksilber in der Röhre *C* unbeweglich stand, wurde der Hahn *d* verschlossen und das Quecksilber in der Röhre auf gleiche Höhe mit dem im Glascylinder gebracht; dies geschah bei 59^m,5 als die Temperatur des Gases $+21^{\circ},8$ C. und der Barometerstand 769^m,02 bei 0^o war. Mittelst des Apparats Fig. 12 wurde mit Wasser angefeuchtetes Fließpapier eingeführt, um das Gasgemenge mit Feuchtigkeit zu sättigen, falls das bei der Verbrennung entwickelte Wasser dazu nicht hinreichend gewesen seyn sollte; das Queck-

silber blieb aber unverrückt. Es waren nun $383^{\text{ccm}},93$ Quecksilber aus dem Gasometer genommen.

Als der Apparat voll Quecksilber war, stand dieses in der Röhre C bei $229^{\text{mm}},5$ und sie enthielt $48^{\text{ccm}},23$; nach der Verbrennung stand es bei $59^{\text{mm}},5$ und sie enthielt $12^{\text{ccm}},12$. Wird der Unterschied $36,11$ von den obigen $383,93$ abgezogen, bleiben $347^{\text{ccm}},82$ übrig, als Volum des mit Feuchtigkeit gesättigten Gasgemenges bei $+21^{\circ},8$ und $769^{\text{mm}},02$ Barometerstand. Wenn von diesem Barometerstand die Spannkraft des Wasserdampfs für letztere Temperatur oder $19^{\text{mm}},45$ abgezogen wird, bleiben $749^{\text{mm}},57$ für die Spannkraft des trocknen Gasgemenges, dessen Volum bei 0° und $760^{\text{mm}},0$ wird $= 347,82 \frac{749,57}{760} (1 - 0,00370 \times 21,8)^{-1}$

$= 315^{\text{ccm}},38$. Diefs ist nun das bei der Verbrennung der Schiefsbaumwolle gebildete Volum von Kohlensäure- und Stickgas plus demjenigen Theil des vor der Verbrennung die Zwischenräume der Verbrennungsröhre füllenden Kohlensäuregases, welchen die Hitze in das Gasometer trieb, minus der kleinen noch in derselben Röhre zurückgebliebenen Menge Stickgas.

Um die letzte Portion Stickgas in das Gasometer zu treiben, liefs man etwa $65^{\text{ccm}},0$ Kohlensäuregas aus dem Kohlensäure-Apparat durch die Verbrennungsröhre streichen und nebst dem letztgenannten Stickgas in das Gasometer treten; dann schlofs man den Hahn d und trennte das Verbrennungsrohr vom Gasometer ab. Nun wurde mittelst des Apparats Fig. 12 eine Stange Kalihydrat in das Gas gebracht, mußte aber ab und zu herausgezogen, vom kohlensauren Kali gereinigt und zur Beschleunigung der Absorption befeuchtet werden. In dem Maafse als die Absorption vorschritt, wurde Quecksilber nachgegossen. Nach beendigter Absorption und nachdem endlich noch zur vollen Trocknung des Gases ein Stück trocknes Kalihydrat in dasselbe gesteckt worden, wurde der Quecksilberstand

1) Die Ausdehnung des Kohlensäuregases für jeden Grad ist bekanntlich nach Regnault $0,003715$, die der Luft $0,003663$.

in der Röhre und dem Cylinder auf 159^{mm},7 gebracht. Die Temperatur des Gases war jetzt +15°,7 und der Barometerstand = 762^{mm},83 bei 0°.

Nun gab man dem Hahn *d* die Stellung α und füllte den Apparat mit 75^{ccm},86 Quecksilber; es stand in der Röhre bei 229^{mm},8. Das innere Volum der Röhre bei 229^{mm},8 ist 48^{ccm},29, und bei 159^{mm},7 ist es 33^{ccm},40. Zieht man den Unterschied 14^{ccm},89 von obigen 75^{ccm},86 ab, so erhält man das Volum des Stickgases = 60^{ccm},97 oder reducirt auf 0° und

$$760^{\text{mm}} = 60,97 \frac{762,83}{760} (1 - 0,00366 \times 15,7) = 57^{\text{ccm}},68 \quad 1).$$

Der leere Raum der Verbrennungsröhre vor Anfang der Verbrennung war mit Kohlensäuregas gefüllt, die ungefähr auf 15^{ccm} zu schätzen ist. Nach der Verbrennung, wenn man die Temperatur zu 500° annimmt, enthielt derselbe

$$\text{Zwischenraum nur } \frac{15}{1 + 0,0037 \times 500} = 5^{\text{ccm}},3 \text{ Kohlensäuregas bei } 0^{\circ}; \text{ der Unterschied } 9^{\text{ccm}},7 \text{ bestand aus Kohlen-} \\ \text{säure und Stickgas, wovon } \frac{315,38 - 57,68}{315,38} \text{ oder } 7^{\text{ccm}},9 \text{ Koh-}$$

lensäure war, die aus dem Kohlensäure-Apparat gekommen. Das Volum der bei Verbrennung der Schiefsbaumwolle entwickelten Kohlensäure ist folglich nur 257,7—7,9=249^{ccm},8 ²⁾.

Wäre die Verbrennungsröhre vor der Operation gewägt worden, erst mit Luft und dann luftleer, oder auch erst luftleer und dann mit Kohlensäuregas gefüllt, und wäre in Liebig's Ofen die gewöhnliche Temperatur mit einer ähnlichen Röhre, als Pyrometer angewandt, ein für alle Mal ungefähr ermittelt worden, so würde die Unsicherheit, die jetzt noch in der Bestimmung der Kohlensäure liegt, auf diese Weise wahrscheinlich auf eine sehr unbedeutende Menge reducirt worden seyn; allein es wurde hieran erst nach vollzogener Operation gedacht, da keine Zeit zur Wie-

1) 57^{ccm},68 zu 1,2618 = 72^{mg},78, was auf 520^{mg},8 macht 13,98 Proc. Stickgas.

2) 249^{ccm},8 Kohlensäuregas zu 1^{mg},9750 wiegen 493^{mg},4, wovon die Kohle beträgt 0,27304 oder 134^{mg},7, was auf 520^{mg},8 macht 25,87 Proc. Kohle.

derholung des Versuches übrig war. Der Stickstoff ist dagegen unabhängig von dem Volum der Verbrennungsröhre, angenommen das Kohlensäuregas habe die Verbrennungsröhre vollständig ausgewaschen.

Außer seiner Eigenschaft als eigentliches Gasometer kann der Apparat auch benutzt werden als Messer der Spannkraft des Wasserdampfs, als Hygrometer, Barometer etc.

Es ist jedoch eine größere Menge Versuche erforderlich, ehe man die Tauglichkeit des Apparats zu diesem physikalischen Behufe beurtheilen kann. Der Verf. hatte einige Versuche zu diesem Zweck begonnen; da er sie aber durch eine längere Reise unterbrechen mußte, so beschränkt er sich darauf die Art anzudeuten, wie das Gasometer zu solchen Anwendungen benutzt werden kann, hoffend, die Resultate seiner Untersuchungen künftig der Academie vorlegen zu können.

Zur *Messung der Spannkraft von Dämpfen* bei gewöhnlicher Temperatur der Luft wird trockne Luft in das Gasometer eingeschlossen, und das Quecksilber im Cylinder und in der Röhre *C* auf gleiche Höhe gebracht. Dann läßt man ein gebogenes Glasrohr mit capillarer Spitze, welches die auf ihren Dampf zu untersuchende Flüssigkeit enthält, in die Röhre hinab, so daß die capillare Spitze seitwärts unter den Rand der Röhre zu stehen kommt, und schafft nun, entweder durch vorsichtiges Hineinblasen oder mittelst eines kleinen Druckkolbens im langen Schenkel der Röhre, die Flüssigkeit auf die Oberfläche des Quecksilbers im Cylinder, wo sie nun verdunstet, und ihr Dampf das Quecksilber in der Röhre *C* ein Stück hinaufdrückt, welches die Spannkraft des Dampfes für die vom Thermometer angezeigte Temperatur angiebt.

Eben so dient der Apparat als *Hygrometer*, und zwar auf zwei einander controlirende Weisen. 1) Wenn man in die in das Gasometer eingesogene und daselbst abgesperrte Luft von der Spannung der Atmosphäre eine Stange geschmolzenen Chlorcalciums bringt, nach vollendeter Austrocknung derselben das Chlorcalcium herausnimmt, und

Quecksilber einfüllt, bis die Oberflächen desselben wieder im Niveau stehen, so erhält man durch Rechnung die Spannkraft des Wasserdampfs. 2) Wenn man auf obgenannte Weise der abgesperrten Luft Wasser hinzugefügt, gelangt sie bald zum Maximo der Feuchtigkeit, woraus die gesuchte sich berechnen läßt, wenn die Temperatur bekannt ist. Bekanntlich ist Majocchi's Hygrometer ¹⁾ auf dieses Princip gegründet, obwohl es zu diesem Behufe vielleicht nicht so scharf ist als der in Rede stehende Apparat.

In der Eigenschaft als *Barometer* stellt dieser Apparat mit den eingesetzten Spitzen c_1 und c_2 ungefähr dasselbe Instrument dar, wie August's und Kopp's Differentialbarometer ²⁾. Obwohl nicht so tragbar, ist er doch vielleicht vollständiger als jenes, theils dadurch, weil das Thermometer immer bei Compression der eintretenden Luft die Temperaturerhöhung angiebt, theils weil die Steigröhre C fast ohne Capillarität ist, theils auch endlich dadurch, daß der Coëfficient für die abgelesenen Differential-Barometerhöhen für jede Spitze hier ohne Vergleich mit einem Barometer, nur durch Messung der Volume, bestimmt werden kann.

XVI. *Callan's Volta'sche Batterie.*

Im diesjährigen Augustheft des *Philosoph. Magaz.* (Ser. III, Vol. XXXI, p. 81) hat Hr. N. J. Callan, Prof. der Physik am K. Collegium zu Maynooth in Irland, eine neue Volta'sche Combination beschrieben, die, namentlich zu technischem Behufe, alle Beachtung verdient, da sie äußerst kräftig ist und dabei sehr billig zu stehen kommt. Im Ganzen ist sie der bekannten Grove'schen nachgebildet, nur besteht das negative Metall, statt Platin, aus platinirtem Blei, und die dasselbe aufnehmende Flüssigkeit, welche natürlich

1) Poggend. Annal., Bd. 54, S. 148. — (Auch Regnault, Annal., Bd. 70, S. 530.)

2) Annalen, Bd. 40, S. 62 und Bd. 56, S. 513.

von der das amalgamirte Zink umgebenden Schwefelsäure durch einen porösen Thoncyylinder getrennt wird, ist nicht reine Salpetersäure, sondern eine mit Schwefelsäure versetzte, am besten (wie Hr. C. sagt) ein Gemisch von 4 Gewichtsthl. concentrirter Schwefelsäure, 2 Th. Salpetersäure und 2 Th. gesättigter Salpeterlösung. Hr. C. hat diese Combination in ihren Wirkungen mit der Grove'schen verglichen, und findet, daß sie dieser völlig gleich kommt, ja sie sogar noch etwas übertrifft.

Ich kann im Ganzen die Angabe des Hrn. C. nur bestätigen. Bei mehreren Versuchen, bei denen ich platinirtes Blei, blankes und platinirtes Platin successive in ein Gemisch von 2 Gwthl. concentr. Schwefelsäure und 2 Th. Salpetersäure von 1,34 Dichte, in eins von 4 Th. concentrirter Schwefelsäure, 2 Th. der genannten Salpetersäure und 2 Th. gesättigter Salpeterlösung, und in eins von 8 Th. concentrirter Schwefelsäure, 4 Th. jener Salpetersäure und 3 Th. Wasser stellte, erhielt ich, geringe Abweichungen überschend, mit dem Blei dieselbe elektromotorische Kraft wie mit dem blanken und platinirten Platin, und dieselbe oder eher eine etwas höhere als mit Platin in reiner Salpetersäure von 1,34 Dichte. Auch zeigte der Strom, wenigstens während der Dauer mehrer Stunden, dieselbe Constanz wie der mit Platin. Dagegen habe ich von der Salpeterlösung keinen Vorthail gesehen (wie auch theoretisch zu erwarten stand), und ich vermuthe, daß sie bei Hrn. C. nur als Verdünnungsmittel der Salpetersäure (deren Dichte er nicht angiebt) gewirkt habe, denn das erste der genannten drei Gemische giebt zwar eine hohe elektromotorische Kraft, aber wegen geringerer Leitungsfähigkeit nur einen relativ schwachen Strom, der, indem es Wasser aus der den Thontiegel umgebenden verdünnten Schwefelsäure aufnimmt, allmählig und stundenlang zunimmt, bis er endlich dem gleich wird, welchen das letzte jener drei Gemische liefert. Der Zusatz der concentrirten Schwefelsäure hat, außer dem Vorthail, das Blei gegen den Angriff der Salpetersäure zu schützen (welches der Platinüberzug als lockeres Pulver nicht vermag), noch den recht schätzbaren, daß er die Anwendung einer verdünnteren, sonst nicht mehr brauchbaren Salpetersäure gestattet. P.

I. *Ueber die Auflösung der Gleichungen, auf welche man bei der Untersuchung der linearen Vertheilung galvanischer Ströme geführt wird;*
von G. Kirchhoff.

Ist ein System von n Drähten: $1, 2 \dots n$ gegeben, welche auf eine beliebige Weise unter einander verbunden sind, und hat in einem jeden derselben eine beliebige elektromotorische Kraft ihren Sitz, so findet man zur Bestimmung der Intensitäten der Ströme, von welchen die Drähte durchflossen werden, $I_1, I_2 \dots I_n$, die nöthige Anzahl linearer Gleichungen durch Benutzung der beiden folgenden Sätze ¹⁾:

I. Wenn die Drähte k_1, k_2, \dots eine geschlossene Figur bilden, und w_k bezeichnet den Widerstand des Drahtes k , E_k die elektromotorische Kraft, die in demselben ihren Sitz hat, nach derselben Richtung positiv gerechnet als I_k , so ist, falls I_{k1}, I_{k2}, \dots alle nach *einer* Richtung als positiv gerechnet werden:

$$w_{k1} I_{k1} + w_{k2} I_{k2} + \dots = E_{k1} + E_{k2} + \dots$$

II. Wenn die Drähte $\lambda_1, \lambda_2, \dots$ in einem Punkte zusammenstoßen, und $I_{\lambda1}, I_{\lambda2}, \dots$ alle nach diesem Punkte zu als positiv gerechnet werden, so ist:

$$I_{\lambda1} + I_{\lambda2} + \dots = 0.$$

Ich will jetzt beweisen, daß die Auflösungen der Gleichungen, welche man durch Anwendung dieser Sätze für $I_1, I_2 \dots I_n$ erhält, vorausgesetzt, daß das gegebene System von Drähten nicht in mehrere völlig von einander getrennte zerfällt, sich folgendermaßen allgemein angeben lassen:

Es sey m die Anzahl der vorhandenen Kreuzungspunkte, d. h. der Punkte, in denen zwei oder mehrere Drähte zusammenstoßen, und es sey $\mu = n - m + 1$, dann ist

1) Bd. 64, S. 513 dieser Annalen.

der gemeinschaftliche Nenner aller Gröſſen I die Summe derjenigen Combinationen von $w_1, w_2, \dots w_n$ zu je μ Elementen, $w_{k_1} \cdot w_{k_2} \dots w_{k_\mu}$, welche die Eigenschaft haben, daſs nach Fortnahme der Drähte $k_1, k_2, \dots k_\mu$ keine geschlossene Figur übrig bleibt,

und es ist der Zähler von I_λ die Summe derjenigen Combinationen von $w_1, w_2 \dots w_n$ zu je $\mu - 1$ Elementen, $w_{k_1} \cdot w_{k_2} \dots w_{k_{\mu-1}}$, welche die Eigenschaft haben, daſs nach Fortnahme von $k_1, k_2, \dots k_{\mu-1}$, eine geschlossene Figur übrig bleibt, und daſs in dieser λ vorkommt; eine jede Combination multiplicirt mit der Summe der elektromotorischen Kräfte, welche sich auf der zugehörigen geschlossenen Figur befinden. Die elektromotorischen Kräfte sind hierbei in der Richtung als positiv zu rechnen, in der I_λ als positiv gerechnet ist.

Der leichteren Uebersicht wegen will ich den Beweis, den ich von diesem Satze gebe, in einzelne Abschnitte theilen.

1.

Es sey μ die Zahl, welche angiebt, wie viele Drähte man bei einem beliebigen Systeme *wenigstens* entfernen muſs, damit alle geschlossenen Figuren zerstört werden; dann ist μ auch die Anzahl der von einander unabhängigen Gleichungen, welche man durch Anwendung des Satzes I herleiten kann.

Es lassen sich nämlich μ Gleichungen, die von einander unabhängig sind, und aus denen eine jede, die aus dem Satze I folgt, abgeleitet werden kann, auf die folgende Weise aufstellen:

Es seyen 1, 2, $\dots \mu - 1, \mu$ solche μ Drähte, nach deren Fortnahme keine geschlossene Figur übrig bleibt; nach Fortnahme von $\mu - 1$ derselben bleibt dann eine geschlossene Figur; auf die geschlossenen Figuren, welche der Reihe nach übrig bleiben, wenn man

$$\begin{array}{c} 2, 3, \dots \mu \\ 1, \quad 3, \dots \mu \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ 1, 2, 3 \dots \mu - 1 \end{array}$$

entfernt, wende man den Satz I an.

Von den auf diese Weise gebildeten μ Gleichungen kann keine eine Folge der übrigen seyn, weil eine jede eine Unbekannte enthält, welche in allen übrigen nicht vorkommt; die erste allein enthält I_1 , die zweite I_2 u. s. f. Aus diesen Gleichungen läßt sich aber auch eine jede andere bilden, die mit Hülfe des Satzes I abgeleitet werden kann; denn eine Gleichung, die aus einer geschlossenen Figur folgt, welche sich aus mehreren zusammensetzen läßt, muß aus den Gleichungen, die aus diesen folgen (durch Addition oder Subtraction), gebildet werden können; und, wie wir zeigen wollen, kann eine jede geschlossene Figur aus jenen μ Figuren zusammengesetzt werden. Die sämtlichen geschlossenen Figuren nämlich des gegebenen Systems, welches wir durch S bezeichnen wollen, lassen sich einteilen, in solche, in denen der Draht μ vorkommt, und in solche, die in dem Systeme S' enthalten sind, welches aus S entsteht, wenn der Draht μ entfernt wird. Nehmen wir an, daß alle Figuren, welche der zweiten Klasse angehören, sich aus den $\mu - 1$ ersten jener μ Figuren zusammensetzen lassen, so sehen wir ein, daß eine jede Figur des Systems S sich aus diesen μ zusammensetzen lassen muß; denn eine beliebige Figur, in der der Draht μ vorkommt, läßt sich zusammensetzen aus einer bestimmten, in der μ vorkommt, und aus solchen, in denen μ nicht vorkommt. Die über das System S' gemachte Annahme läßt sich aber wieder auf eine ähnliche in Bezug auf S'' zurückführen, wenn S'' das System ist, welches aus S durch Entfernung von μ und $\mu - 1$ entsteht; nämlich auf die Annahme, daß alle in S'' vorkommenden geschlossenen Figuren sich aus den $\mu - 2$ ersten jener μ zusammensetzen lassen. Durch Fortsetzung dieser Schlußweise kommen wir endlich auf das System $S^{(\mu-1)}$; da dieses nur eine geschlossene Figur enthält, so ist die Richtigkeit der Annahme, welche wir in Bezug auf dieses machen müssen, um die Wahrheit unserer Behauptung einzusehen, von selbst klar.

2.

Da die Sätze I und II die zur Bestimmung von I_1, I_2, \dots, I_n

nöthige Anzahl von Gleichungen liefern müssen, so werden diese, nach dem, was wir eben bewiesen haben, die folgenden seyn:

$$\alpha_1^1 w_1 I_1 + \alpha_2^1 w_2 I_2 + \dots + \alpha_n^1 w_n I_n = \alpha_1^1 E_1 + \alpha_2^1 E_2 + \dots + \alpha_n^1 E_n$$

$$\alpha_1^2 w_1 I_1 + \alpha_2^2 w_2 I_2 + \dots + \alpha_n^2 w_n I_n = \alpha_1^2 E_1 + \alpha_2^2 E_2 + \dots + \alpha_n^2 E_n$$

.

$$\alpha_1^\mu w_1 I_1 + \alpha_2^\mu w_2 I_2 + \dots + \alpha_n^\mu w_n I_n = \alpha_1^\mu E_1 + \alpha_2^\mu E_2 + \dots + \alpha_n^\mu E_n$$

$$\alpha_1^{\mu+1} I_1 + \alpha_2^{\mu+1} I_2 + \dots + \alpha_n^{\mu+1} I_n = 0$$

$$\alpha_1^{\mu+2} I_1 + \alpha_2^{\mu+2} I_2 + \dots + \alpha_n^{\mu+2} I_n = 0$$

.

$$\alpha_1^n I_1 + \alpha_2^n I_2 + \dots + \alpha_n^n I_n = 0$$

wo die Gröſsen α theils $+1$, theils -1 , theils 0 sind, und wo μ dieselbe Bedeutung als vorher hat.

Es geht hieraus hervor, daß der gemeinschaftliche Nenner der Gröſsen I , d. h. die Determinante dieser Gleichungen, eine homogene Function des μ ten Grades von $w_1, w_2, \dots w_n$ ist, welche ein jedes einzelne w nur linear und auſser den w 's nur Zahlen enthält. Dieses Resultat können wir auch auf die folgende Weise aussprechen: der gemeinschaftliche Nenner der I 's ist die Summe der Combinationen von $w_1, w_2, \dots w_n$ zu je μ Elementen, eine jede Combination mit einem Zahlencoëfficienten multiplicirt. Eben so sieht man ein, daß der Zähler eines jeden I die Summe der Combinationen von $w_1, w_2, \dots w_n$ zu je $\mu - 1$ ist, eine jede Combination mit einer linearen homogenen Function der Gröſsen $E_1, E_2, \dots E_n$ multiplicirt, deren Coëfficienten Zahlen sind.

3.

Zur Bestimmung der Zahlencoëfficienten des Nenners und der Zähler der Gröſsen I führt die Bemerkung, daß

es einerlei ist, ob wir den Widerstand $w_x = \infty$ machen, oder ob wir den Draht x durchschneiden oder entfernen; daß also die Ausdrücke der I 's durch die Substitution $w_x = \infty$ in die Auflösungen derjenigen Gleichungen übergehen müssen, die wir durch Anwendung der Sätze I und II auf das System von Drähten erhalten, welches aus dem gegebenen entsteht, wenn wir den Draht x entfernen. I_x selbst muß für $w_x = \infty$ verschwinden.

Wir wollen die Zähler und Nenner der I 's durch $w_1 \cdot w_2 \dots w_{\mu-1}$ dividiren, und dann $w_1 = \infty, w_2 = \infty \dots w_{\mu-1} = \infty$ setzen; dadurch gehe I_λ in (I_λ) über; bezeichnen wir dann die Function der E 's, welche im Zähler von I_λ mit

$$w_{x1} \cdot w_{x2} \dots w_{x\mu-1}$$

multiplicirt ist, durch $A_{x1, x2, \dots, x\mu-1}^\lambda$ und den Coëfficienten von $w_{x1} \cdot w_{x2} \dots w_{x\mu}$ im Nenner durch $a_{x1, x2, \dots, x\mu}$, so haben wir:

$$(I_\lambda) = \frac{A_{1, 2, \dots, \mu-1}^\lambda}{a_{1, 2 \dots \mu-1, \mu} \cdot w_\mu + a_{1, 2 \dots \mu-1, \mu+1} w_{\mu+1} + \dots + a_{1, 2 \dots \mu-1, n} w_n}$$

Der vorangeschickten Bemerkung zufolge ist, wenn λ unter $1, 2 \dots \mu-1$ vorkommt:

$$(I_\lambda) = 0,$$

und, wenn λ nicht unter $1, 2 \dots \mu-1$ vorkommt:

$$(I_\lambda) = I'_\lambda,$$

wo I'_λ die Intensität des Stromes bezeichnet, von dem der Draht λ durchflossen wird, wenn die Drähte $1, 2 \dots \mu-1$ entfernt sind.

Wir denken uns die Gleichungen aufgestellt, die sich durch Anwendung der Sätze I und II auf das übriggebliebene Drahtsystem zur Bestimmung von $I'_\mu, I'_{\mu+1}, \dots I'_n$ ergeben. Der Satz I liefere hier μ' von einander unabhängige Gleichungen; dann ist der gemeinschaftliche Nenner der Größen I' eine Function des μ' ten Grades von $w_\mu, w_{\mu+1}, \dots w_n$, und die Zähler derselben sind Functionen des $\mu' - 1$ ten Grades in Bezug auf dieselben Argumente. Wegen der Definition von μ ist μ' entweder $= 1$ oder > 1 . Ist $\mu' > 1$, so müssen, damit die Gleichung

$(I_\lambda) = I'_\lambda$ bestehen kann, entweder Zähler und Nenner von I'_λ einen gemeinschaftlichen Factor des $\mu' - 1$ ten Grades in Bezug auf $w_\mu, w_{\mu+1} \dots$ haben, oder es muß $(I_\lambda) = 0$ und $I'_\lambda = 0$ seyn, oder endlich, es muß (I_λ) die Form $\frac{0}{0}$ annehmen. Stellt sich eine der Gröſſen (I) unter der

Form $\frac{0}{0}$ dar, so müssen alle unter derselben erscheinen, da sie einen gemeinschaftlichen Nenner haben, und keine ∞ werden darf. Soll dieser Fall nicht eintreten, so müssen bei einem jeden I' Nenner und Zähler einen gemeinschaftlichen Factor des $\mu' - 1$ ten Grades haben; und zwar müssen diese Factoren bei allen Gröſſen I' dieselben seyn. Dieses ist aber unmöglich, wie man auf die folgende Weise zeigen kann.

Wir nehmen an, es gäbe einen Factor der bezeichneten Art, welcher die Gröſſe w_x enthalte; x muß dann ein Draht seyn, welcher in einer geschlossenen Figur liegt, weil im anderen Falle w_x in den Gleichungen für $I_\mu, I_{\mu+1}, \dots$ gar nicht vorkommen könnte. Da die Zähler und der Nenner der Gröſſen I' linear in Bezug auf ein jedes w sind, so erhalten wir für diese durch Forthebung jenes Factors Ausdrücke, welche frei von w_x sind. Substituiren wir dieselben in eine der Gleichungen, welche $w_x I'_x$ enthält, so wird diese eine identische; durch partielle Differentiation derselben nach w_x erhalten wir:

$$I'_x = 0.$$

Diese Gleichung kann aber unmöglich immer gelten; sollte dieses der Fall seyn, so müſte sie auch richtig bleiben, wenn man beliebig viele der Gröſſen $w \infty$ setzt, d. h. wenn man beliebig viele der Drähte entfernt; entfernt man aber so viele Drähte, daſs nur *eine* geschlossene Figur übrig bleibt, in welcher x liegt, so kann unmöglich I'_x für beliebige Werthe der Gröſſe E verschwinden.

Wir sehen hiernach ein, daſs, wenn $\mu' > 1$ ist, sich $(I_\mu), (I_{\mu+1}) \dots (I_n)$ unter der Form $\frac{0}{0}$ darstellen müssen;

oder, da wir $(I_1)=0$, $(I_2)=0 \dots (I_{\mu-1})=0$ gefunden haben, daß, wenn nach Fortnahme der Drähte 1, 2, $\dots \mu-1$ mehr als eine geschlossene Figur bleibt, das Product

$$w_1 \cdot w_2 \dots w_{\mu-1}$$

weder in einem Zähler noch in dem Nenner der Größen $I_1, I_2, \dots I_n$ vorkommen kann.

4.

Jetzt wollen wir die Factoren zu bestimmen suchen, mit denen das Product $w_1 \cdot w_2 \dots w_{\mu-1}$ in den Zählern und in dem Nenner der I 's multiplicirt vorkommt, wenn die Bedingung erfüllt wird, daß nach Fortnahme von 1, 2 $\dots \mu-1$ nur eine geschlossene Figur übrig bleibt.

Es enthalte die übrigbleibende Figur die Drähte: $\lambda_1, \lambda_2, \dots \lambda_\nu$; dann ist, falls λ nicht unter diesen vorkommt:

$$I'_\lambda = 0,$$

und falls λ unter denselben vorkommt:

$$I'_\lambda = \frac{E_{\lambda 1} + E_{\lambda 2} + \dots + E_{\lambda \nu}}{w_{\lambda 1} + w_{\lambda 2} + \dots + w_{\lambda \nu}},$$

wobei $E_{\lambda 1}, E_{\lambda 2} \dots$ nach der Richtung als positiv gerechnet sind, nach welcher I_λ als positiv gerechnet ist.

Der Nenner dieses Werthes kann sich von dem Nenner der Größe (I_λ) , d. h. von dem Ausdrücke:

$a_{1, 2, \dots \mu-1, \mu} w_\mu + a_{1, 2, \dots \mu-1, \mu+1} w_{\mu+1} + \dots + a_{1, 2, \dots \mu-1, n} w_n$
nur durch einen Zahlenfactor unterscheiden; daher müssen von den Größen $a_{1, 2, \dots \mu-1, \mu}, a_{1, 2, \dots \mu-1, \mu+1} \dots$ alle verschwinden außer:

$$a_{1, 2, \dots \mu-1, \lambda 1} \quad a_{1, 2, \dots \mu-1, \lambda 2} \quad \dots \quad a_{1, 2, \dots \mu-1, \lambda \nu}$$

und diese müssen einander gleich seyn. Wir schließen daraus, daß der Coëfficient der Combination $w_{x_1} \cdot w_{x_2} \dots w_{x_\mu}$ im Nenner der Größen I nur dann von 0 verschieden seyn kann, wenn durch Fortnahme der Drähte $x_1, x_2 \dots x_\mu$ alle geschlossenen Figuren zerstört werden; und, daß alle Combinationen, welche diese Bedingung erfüllen, und welche $\mu-1$ gemeinschaftliche Factoren w enthalten, denselben Coëfficienten haben müssen.

Mit Hülfe hiervon läßt sich beweisen, daß irgend zwei Combinationen

$$w_{x_1} \cdot w_{x_2} \dots w_{x_\mu} \text{ und } w_{x'_1} \cdot w_{x'_2} \dots w_{x'_\mu}$$

im Nenner der I 's denselben Coëfficienten haben müssen, wenn durch Entfernung sowohl der Drähte $x_1, x_2 \dots x_\mu$ als der Drähte $x'_1, x'_2, \dots x'_\mu$ alle geschlossenen Figuren zerstört werden.

Um diesen Beweis führen zu können, schicken wir die folgenden Bemerkungen voraus:

Durch Fortnahme der Drähte $x_1, x_2, \dots x_\mu$ mögen alle geschlossenen Figuren zerstört werden; dann muß ein jeder dieser Drähte wenigstens in einer geschlossenen Figur vorkommen.

In einer jeden geschlossenen Figur muß aber auch wenigstens einer jener Drähte vorkommen; wissen wir also von dem Drahte x' , daß er in einer geschlossenen Figur liegt, so muß dieser wenigstens mit einem der Drähte $x_1, x_2 \dots x_\mu$ in derselben geschlossenen Figur liegen.

Ferner muß ein jeder der Drähte $x_1, x_2, \dots x_\mu$ in einer geschlossenen Figur vorkommen, in der die $\mu - 1$ anderen Drähte nicht vorkommen, x_μ z. B. in derjenigen, welche nach Fortnahme von $x_1, x_2, \dots x_{\mu-1}$ übrig bleibt, und welche wir durch f_{x_μ} bezeichnen wollen. Liegt in f_{x_μ} auch der Draht x'_μ , so werden auch durch Fortnahme von $x_1, x_2 \dots x_{\mu-1}, x'_\mu$ alle geschlossenen Figuren zerstört. Mit Hülfe dieser Bemerkung sieht man leicht ein, daß, wenn wir irgend eine geschlossene Figur, f , auswählen, sich immer $\mu - 1$ Drähte von der Art finden lassen, daß nach Fortnahme derselben f als einzige geschlossene Figur übrig bleibt. Kommen nämlich in f von den Drähten $x_1, x_2, \dots x_\mu$ etwa x_1, x_2, x_3 vor, und ist x'_2 ein Draht, der in f_{x_2} , aber nicht in f , und x'_3 ein Draht, der in f_{x_3} , aber auch nicht in f vorkommt, so sind $x'_2, x'_3, x_4 \dots x_\mu$ Drähte der verlangten Art.

Jenen Beweis wollen wir jetzt auf die Weise führen, daß wir annehmen, die Coëfficienten zweier Combinationen der bezeichneten Art seyen einander gleich, wenn diese ν gemeinschaftliche Factoren w haben, und beweisen, daß dann auch die Coëfficienten zweier Combinationen,

welche nur $\nu - 1$ gemeinschaftliche Factoren haben, einander gleich seyn müssen. Ist uns dieses gelungen, so werden wir die Wahrheit der aufgestellten Behauptung dargethan haben.

Die Art des Beweises bleibt dieselbe, welchen Werth für ν wir auch setzen; wir wollen denselben daher nur für einen Werth von ν , für $\nu = 3$ durchführen. Wir wollen also beweisen, daß die beiden Combinationen:

$w_{x_1} \cdot w_{x_2} \cdot w_{x_3} \dots w_{x_\mu}$ und $w_{x_1} \cdot w_{x_2} \cdot w_{x'_3} \dots w_{x'_\mu}$
denselben Coëfficienten haben müssen.

In dem Systeme von Drähten, welches aus dem gegebenen entsteht, wenn man x_1 und x_2 entfernt, können alle geschlossenen Figuren nicht durch die Fortnahme von weniger als $\mu - 2$ Drähten zerstört werden; sie werden zerstört durch die Fortnahme von $x_3, x_4 \dots x_\mu$, und durch die Fortnahme von $x'_3, x'_4 \dots x'_\mu$; hieraus folgt, daß x'_3 wenigstens mit einem der Drähte $x_3, x_4 \dots x_\mu$, wir nehmen an mit x_3 , in derselben geschlossenen Figur liegt; diese bleibe als einzige übrig, wenn man $x''_4, x''_5 \dots x''_\mu$ entfernt; dieselbe bleibt dann von dem ursprünglichen Systeme als einzige übrig, wenn man $x_1, x_2, x''_4, x''_5 \dots x''_\mu$ entfernt. Es folgt hieraus, daß die beiden Combinationen:

$$w_{x_1} \cdot w_{x_2} \cdot w_{x_3} \cdot w_{x''_4} \cdot w_{x''_5} \dots w_{x''_\mu}$$

und

$$w_{x_1} \cdot w_{x_2} \cdot w_{x'_3} \cdot w_{x''_4} \cdot w_{x''_5} \dots w_{x''_\mu},$$

welche $\mu - 1$ gemeinschaftliche Factoren w haben, denselben Coëfficienten haben müssen. Unserer Annahme zufolge haben aber auch die Combinationen:

$$w_{x_1} \cdot w_{x_2} \cdot w_{x_3} \cdot w_{x_4} \dots w_{x_\mu} \text{ und } w_{x_1} \cdot w_{x_2} \cdot w_{x_3} \cdot w_{x''_4} \dots w_{x''_\mu}$$

$$w_{x_1} \cdot w_{x_2} \cdot w_{x'_3} \cdot w_{x'_4} \dots w_{x'_\mu} \text{ und } w_{x_1} \cdot w_{x_2} \cdot w_{x'_3} \cdot w_{x''_4} \dots w_{x''_\mu}$$

paarweise denselben Coëfficienten; es sind also auch die Coëfficienten von

$$w_{x_1} \cdot w_{x_2} \cdot w_{x_3} \dots w_{x_\mu} \text{ und } w_{x_1} \cdot w_{x_2} \cdot w_{x'_3} \dots w_{x'_\mu}$$

einander gleich.

Wir haben hierdurch bewiesen, daß der gemeinschaftliche Nenner der I 's die Summe derjenigen Combinationen von $w_1, w_2, \dots w_n$ zu je μ Elementen, $w_{x_1} \cdot w_{x_2} \dots w_{x_\mu}$ ist,

welche die Eigenschaft haben, daß nach Fortnahme der Drähte $x_1, x_2 \dots x_\mu$ keine geschlossene Figur übrig bleibt; diese Summe mit einem Zahlencoefficienten multiplicirt. Den Zahlencoefficienten können wir $=1$ setzen, wenn wir die Zähler der I 's darnach bestimmen.

Diese Zähler lassen sich jetzt sehr leicht finden. Aus den Gleichungen nämlich:

$$(I_\lambda) = 0 \text{ und } (I_\lambda) = I'_\lambda,$$

von denen die erste gilt, wenn $\lambda \leq \mu - 1$, die zweite, wenn $\lambda > \mu - 1$ ist, folgt:

$$A_{1, 2, \dots, \mu-1}^\lambda = E_{\lambda 1} + E_{\lambda 2} + \dots + E_{\lambda \nu}$$

für den Fall, daß λ unter $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_\nu$ vorkommt, und

$$A_{1, 2, \dots, \mu-1}^\lambda = 0$$

für den entgegengesetzten Fall.

Es ist also der Coefficient des Gliedes $w_1 \cdot w_2 \dots w_{\mu-1}$ — von welchem wir schon früher gezeigt haben, daß er nur dann von 0 verschieden seyn kann, wenn nach Fortnahme von $1, 2, \dots, \mu - 1$ eine einzige geschlossene Figur übrig bleibt — $= 0$, wenn in dieser Figur λ nicht vorkommt; kommt λ in ihr vor, so ist er $=$ der Summe der elektromotorischen Kräfte, die sich auf derselben befinden; diese nach der Richtung positiv gerechnet, nach welcher I_λ als positiv gerechnet ist.

5.

Wir müssen jetzt noch, um unseren Satz, wie wir ihn ausgesprochen, bewiesen zu haben, zeigen, daß $\mu = n - m + 1$ ist. Diese Behauptung gilt nur, wenn das gegebene Drahtsystem nicht in mehrere, völlig von einander getrennte, zerfällt, während die bis jetzt angestellten Betrachtungen eine solche Voraussetzung nicht erforderten.

Wie wir gesehen haben, ist μ die Anzahl der von einander unabhängigen Gleichungen, welche sich mit Hülfe des Satzes I ableiten lassen; die Anzahl der von einander unabhängigen Gleichungen, welche der Satz II liefert, muß daher $n - \mu$ seyn. Nun läßt es sich aber zeigen, daß, unter jener Voraussetzung, diese Anzahl $m - 1$ ist; woraus dann $\mu = n - m + 1$ folgt.

Mehr als $m - 1$ von einander unabhängige Gleichungen lassen sich mit Hülfe des Satzes II nicht ableiten; denn wenden wir denselben auf alle m Kreuzungspunkte an, so kommt in den dadurch entstehenden Gleichungen ein jedes I zwei Mal vor, einmal mit dem Coëfficienten $+1$, das andere Mal mit dem Coëfficienten -1 ; die Summe sämtlicher Gleichungen giebt also die identische Gleichung $0=0$. Die Gleichungen, welche man durch Anwendung jenes Satzes auf $m-1$ beliebige Kreuzungspunkte erhält, sind aber von einander unabhängig, denn sie haben die Eigenschaft, daß, wenn wir beliebige und beliebig viele unter ihnen auswählen, in diesen eine oder einige der Unbekannten nur einmal vorkommen. Nennen wir nämlich die Kreuzungspunkte $1, 2, \dots m$, einen Draht, durch welchen 2 von ihnen, α und λ , mit einander verbunden sind (α, λ) , so kommt in den Gleichungen, welche durch Betrachtung der Punkte $\alpha_1, \alpha_2, \dots \alpha_\nu$ abgeleitet sind, wenn einer derselben, etwa α_1 , außer mit Punkten, die unter $\alpha_2, \dots \alpha_\nu$ vorkommen, noch mit einem anderen, λ , verbunden ist, die Unbekannte $I_{(\alpha_1, \lambda)}$ nur einmal vor. Einer der Punkte $\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_\nu$ muß aber, außer mit anderen derselben, noch mit einem Punkte λ verbunden seyn, wenn die Drähte, welche die Punkte $\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_\nu$ mit einander verbinden, nicht ein in sich abgeschlossenes System bilden.

Es sey mir erlaubt, noch einige Bemerkungen zu dem eben bewiesenen Satze zu machen.

Ordnet man die Glieder des Zählers von I_λ nach den Größen $E_1, E_2 \dots E_n$, so wird der Coëfficient von E_α die Summe der, theils positiven, theils negativen, Combinationen von $w_1, w_2, \dots w_n$ zu je $\mu - 1$, welche im Nenner der I 's sowohl mit w_λ als mit w_α multiplicirt vorkommen; es sind dieses ja gerade die Combinationen $w_{\alpha 1} \cdot w_{\alpha 2} \dots w_{\alpha \mu - 1}$, welche die Eigenschaft haben, daß nach Fortnahme der Drähte $\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_{\mu - 1}$ nur eine geschlossene Figur übrig bleibt, und daß in dieser sowohl λ als α vorkommt; positiv ist $w_{\alpha 1} \cdot w_{\alpha 2} \dots w_{\alpha \mu - 1}$ zu nehmen, wenn in der übrigblei-

benden Figur die positive Richtung von I_λ mit der Richtung von E_λ zusammenfällt, negativ im entgegengesetzten Falle.

Es geht hieraus unter Anderem hervor, daß, wenn wir aus einem beliebigen Systeme zwei Drähte auswählen, die Intensität des Stromes, welcher in dem einen hervorgebracht wird durch eine elektromotorische Kraft in dem zweiten, gerade dieselbe ist als die Intensität des Stromes, welcher in dem zweiten hervorgebracht wird durch eine eben so große elektromotorische Kraft in dem ersten.

Die Bedingung, welche wir für das Vorkommen einer Combination in dem Nenner der I s gefunden haben, läßt sich, wie man leicht einsieht, auch auf die folgende Weise aussprechen: die Combination $w_{x1}.w_{x2}...w_{x\mu}$ kommt vor, wenn die Gleichungen, welche der Satz I liefert, unabhängig in Bezug auf $I_{x1}, I_{x2}..., I_{x\mu}$ sind; es läßt sich zeigen, daß diese Bedingung mit der übereinkommt, daß es zwischen $I_{x1}, I_{x2}..., I_{x\mu}$, oder einigen dieser Größen, keine Gleichung giebt, welche aus den Gleichungen, die durch Anwendung des Satzes II entstanden sind, abgeleitet werden kann. Diese Bemerkung wird es häufig leichter machen, die Combinationen aufzustellen, welche im Nenner der I s fehlen. Stoßen z. B. die Drähte 1, 2, 3 in einem Punkte zusammen, 3, 4, 5 in einem zweiten, 5, 6, 7 in einem dritten (wie in Fig. 4, Taf. V), so fehlen alle Combinationen, welche:

$$\begin{aligned} w_1.w_2.w_3 & \quad , \quad w_3.w_4.w_5 \quad , \quad w_5.w_6.w_7 \\ w_1.w_2.w_4.w_5 & \quad , \quad w_3.w_4.w_6.w_7 \\ w_1.w_2.w_4.w_6.w_7 \end{aligned}$$

enthalten.

Der Nenner der I s bei der, in der Figur 5, Taf. V, dargestellten, Combination der Drähte, ist hiernach die Summe aller Combinationen von $w_1, w_2..w_5$ zu je drei Elementen, mit Ausnahme der folgenden:

$$w_1.w_2.w_4 \quad , \quad w_1.w_3.w_5 \quad , \quad w_2.w_3.w_5 \quad , \quad w_4.w_5.w_6.$$

II. *Ueber die Fraunhofer'schen Gitterspectra und Analyse des Lichtes derselben;*
*con O. F. Mossotti*¹⁾,
 Prof. der Mathematik in Pisa.

Diese Abhandlung besteht aus zwei Theilen. Der erste Theil, gleichsam die Einleitung, enthält die Ankündigung der mathematischen Analyse des Sonnenspectrums, wie sie in der physiko-mathematischen Section der in Lucca gehaltenen fünften Versammlung italiänischer Naturforscher vorgelesen worden ist. Der zweite Theil entwickelt den im Verfolge angestellten Calcul, um genauer aus den Fraunhofer'schen Versuchen die Resultate herzuleiten, die nach einem ersten Angriff der Untersuchung bloß angezeigt waren.

Erster Theil. Einleitung.

1. Die Physiker, welche das Sonnenspectrum untersucht haben, um die Ausdehnung der in demselben enthaltenen Farben, die Lichtstärke an den verschiedenen Stellen und die Länge der entsprechenden Accesses oder Undulationen zu erkennen, haben sich im Allgemeinen des durch Brechung gebildeten Spectrums bedient. Allein das Bild des Spectrums, welches man durch Brechung erhält, ist ein entstelltes. Die stärker brechbaren Theile sind verlängert, die weniger brechbaren verkürzt, und es hält schwer die Beschaffenheit der Bestandtheile eines natürlichen Lichtstrahls auf diese Weise zu erkennen.

Newton, welcher sich zuerst bemühte, die Länge der den sieben unterscheidbareren Farben des Spectrums zukommenden Theile anzugeben, fand eine Analogie zwischen den

1) *Sulle proprietà degli Spettri di Fraunhofer formati dai reticoli ed Analisi della luce che somministrano, Memoria di O. F. Mossotti (Pisa 1845).* — Einer Erwähnung dieser Arbeit geschah schon von Melloni, *Annalen*, Bd. 62, S. 24.

Längen dieser Theile und den Unterschieden der Zahlen, welche die Werthe der Töne einer Octave der Mollscale geben. Diese Analogie ist aber rein zufällig; die respectiven Längen der verschiedenen farbigen Theile in dem durch Brechung gebildeten Spectrum sind veränderlich nach der Substanz des Körpers, welchen man anwendet. Gerade in der Voraussetzung, daß die von verschiedenen Substanzen gebildeten Spectra einander ähnlich seyen, fiel Newton in den falschen Schluß, daß der Achromatismus in dioptrischen Fernröhren unmöglich sey, was die Erfahrung seitdem widerlegt hat.

Dieser Analogie folgend, bildete Newton einen Farbenkreis, welcher bestimmt seyn würde das Bild des Spectrums vorzustellen, unabhängig von der Verlängerung oder Verkürzung, welche die Brechung in den verschiedenen Theilen des prismatischen Spectrums hervorbringt. Dieser Kreis giebt durch die Farbe, welche aus der Mischung oder Ueberdeckung mehrer Farben hervorgeht, sehr nahe richtige Resultate, ist aber auf einem hypothetischen Fundament construirt.

Endlich bediente sich Newton dieser selben Analogie zur Aufstellung eines Gesetzes zwischen den Orten, welche die verschiedenen Farben im prismatischen Spectrum einnehmen, und der Länge der entsprechenden Accesses. Dieses Gesetz führt zu einer bemerkenswerthen Relation, welche zuerst von Blanc aufgefunden worden ist ¹⁾, nämlich, daß die Länge des Accesses irgend eines Farbenstrahls proportional ist der Potenz von $\frac{1}{4}$, deren Exponenten man erhält, wenn man zwei Drittel des Bogens, an dessen Ende dieselbe Farbe auf den Newton'schen Farbenkreis zu setzen wäre, durch den ganzen Kreisumfang dividirt. Die Werthe, welche man nach dieser Relation für die Länge der Accesses oder Undulationen der verschiedenen Theile des Spectrums erhält, entfernen sich aber gegen das Ende desselben merklich von der Wahrheit ²⁾.

1) Siehe Biot, *Précis element. de Phys. exp. Edit. III, T. II, p. 434.*

2) Ungeachtet dieser kritischen Bemerkung ist es merkwürdig, wie New-

2. Ein besserer Weg, die Zusammensetzung des natürlichen Lichtes und die Relation, die, im Vacuo oder in Luft, zwischen den Wellenlängen der dasselbe zusammensetzenden Strahlen und den Orten dieser Strahlen im Spectrum existirt, zu erkennen, besteht in der Anwendung der Spectra, die man mittelst Gitter erhält, und zuerst von Fraunhofer beobachtet worden sind. Bei diesen Spectris ist das einzige zu ihrer Bildung beitragende Element die Wellenlänge der verschiedenen, das natürliche Licht zusammensetzenden Strahlen; in ihnen zeigt sich das Phänomen in seiner größten Einfachheit, ohne die Veränderungen, welche der Durchgang der Strahlen durch ein brechendes Mittel erzeugt. Man hat also in dem Gitterspectrum ein normales Spectrum, auf welche die übrigen, auf andere Weise erzeugten, veränderlichen Spectra zurückzuführen sind.

Nach dieser Idee habe ich aus den von Fraunhofer mit bewundernswürdiger Genauigkeit angestellten Beobachtungen hergeleitet die Länge der verschiedenen Theile des Gitterspectrums, die den Intervallen der sieben hauptsächlichsten, von Fraunhofer nachgewiesenen dunklen Linien entsprechen. Diese Linien liefern eben so viele Haltpunkte, auf welche man die verschiedenen Theile des Spectrums beziehen kann; sie werden deshalb mit den Buchstaben *B, C, D, E, F, G, H* bezeichnet und Hauptstriche genannt. Die Fig. 10, Taf. III, veranschaulicht ein Spectrum dieser Art. Vergleicht man dieselbe mit Fig. 9, welche ein anderes, von Fraunhofer durch Brechung mittelst seines Flintglas-Prismas No. 13 ¹⁾ erhaltenes Spectrum darstellt, so sieht man, wie groß die Verschiedenheit der Ausdehnung der verschiedenen Theile, und wie sehr entstellt das Brechungsspectrum ist. Die Zwischenräume der Hauptstri-

ton, zur ersten Analyse des Spectrums, gewußt hat, die verschiedenen zur Bildung desselben beitragenden Elemente durch einfache und elegante, obwohl nur angenäherte Gesetze mit einander zu verbinden. Siehe die Note am Schlusse.

1) *Denkschriften d. Acad. der Wissenschaften zu München* f. 1823.

che werden im Gitterspectrum respective ausgedrückt durch die Zahlen:

BC	, CD	, DE	, EF	, FG	, GH
31	66	61	41	54	35

und in dem Brechungsspectrum:

13	35	46	40	79	71.
----	----	----	----	----	-----

3. Das Gitterspectrum zeichnet sich durch eine sonderbare Eigenschaft aus. In dem durch Brechung gebildeten Spectrum, welches, weil es gröfser und heller ist, eine leichtere Beobachtung gestattet, hat Fraunhofer die Lichtstärke für die den Hauptstrichen nächsten Theile bestimmt ¹⁾. Die Curve über Fig. 9, Taf. III, giebt durch ihre Ordinaten die Lichtstärke der darunterstehenden Punkte des Spectrums. Die punktirte Linie μ zwischen D und E ist so gezogen, dafs sie das Spectrum in zwei Theile zerschneidet, in welchen die Lichtmengen der verschiedenen Theile zwei gleiche Summen bilden, oder dafs sie das gesammte Licht des Spectrums halbt. Zieht man im Gitterspectrum zwischen D und E eine Linie m solchergestalt, dafs sie den dem Strahle μ entsprechenden Ort bezeichnet, so halbt sie die gesammte Länge des Spectrums. Diese Einfachheit der Vertheilung der Lichtmenge im Gitterspectrum ist ein unterscheidendes Kennzeichen eines normalen Spectrums.

Im prismatischen Spectrum fällt das Maximum der Lichtstärke, welches der Maximum-Ordinate der Curve entspricht, auf m etwa bei $\frac{7}{14}$ des Zwischenraums DE von D nach E gerechnet, und liegt daher von der Linie μ aus gegen das weniger brechbare Ende des Spectrums hin. Erwägt man, dafs gegen diese Seite hin die Theile des prismatischen Spectrums sich immer mehr zusammenziehen, so ist nicht schwierig einzusehen, dafs das Maximum des Lichts, welches sich im normalen Spectrum auf der Linie μ befindet, im prismatischen Spectrum nach der Seite D verschoben seyn kann, allemal wenn die Ordinaten der Intensitätscurven einen

1) Gilbert's Annal. d. Physik, 1817. Denkschrift. d. Acad. d. Wiss. zu München f. 1814 bis 1815.

nem Abnahme-Gesetze folgen langsamer als das, nach welchem die Refraction die Lichtstrahlen auf derselben Seite verdichtet. In der That ergibt sich, daß die Lichtstärke im normalen Spectrum in der Mitte im Maximum ist, und diefs- und jenseits symmetrisch abnimmt, so daß das Gesetz ihrer Veränderung vorgestellt wird durch die über Fig. 10 stehende Curve, welche um die Linie μ symmetrisch ist, und in dieser ihre Axe bekommt.

4. Die von Newton behandelte, recht wichtige Aufgabe, eine Beziehung zwischen der Länge der Accesses oder Undulationen und der entsprechenden Farbe aufzustellen, findet sich von selbst durch die Bildung des Gitterspectrums gelöst. In der That, auf welche Weise man auch dieses Spectrum erzeugt, so wachsen doch die verschiedenen Theile des Gitterspectrums nahe im Verhältniß wie die Wellenlängen in den entsprechenden Strahlen. Denken wir uns, die Länge des Gitterspectrums sey, wie der Kreisumfang, in 360 Theile getheilt und bezeichnen dieselbe mit 2π , so finden wir aus den Daten der Beobachtung, daß die Wellenlänge λ_φ des Strahls, der dem Endpunkte des von der Mitte des Spectrums gezählten Bogens φ entspricht, gegeben ist durch:

$$\lambda_\varphi = 553,5 + 184,5 \frac{\varphi}{\pi} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

In dieser Formel muß der Bogen oder Abstand positiv gegen das rothe, und negativ gegen das violette Ende des Spectrums hin genommen werden, und die Längeneinheit beim Messen der Wellenlängen ist der millionte Theil des Millimeters.

Die Formel, welche aus der von Blanc auf Grund der Newton'schen Hypothese entdeckten Relation hervorgeht; ist:

$$\lambda_\varphi = 511,6 \left(\frac{1}{2} \right)^{-\frac{\varphi}{3\pi}}$$

giebt aber gegen die Enden des Spectrums hin merklich von der Wellenlänge abweichende Werthe.

Macht man in der Formel (1) erst $\varphi = -\pi$ und darauf $\varphi = \pi$, so kommt:

$$\lambda_{-\pi} = 369 \quad ; \quad \lambda_{\pi} = 738.$$

Diese Werthe entsprechen dem violetten und dem rothen Ende des Spectrums, und da der zweite Werth doppelt so groß als der erste ist, so ergibt sich, daß die Wellenlänge des äußersten rothen Strahls das Doppelte von der des äußersten violetten beträgt, wenn diese Extreme, wie es Fraunhofer gethan, mittelst eines Fernrohrs beobachtet werden, und man bei den Punkten einhält, wo die Farben noch wohl zu unterscheiden sind.

Macht man in derselben Formel (1) $\varphi = 0$, so hat man

$$\lambda_{\mu} = 553,5,$$

d. h. in der Mitte des Spectrums beträgt die Wellenlänge 553,5 Milliontel eines Millimeters. Nun haben wir bemerkt, daß die Mitte dem Maximo der Lichtstärke entspricht; angenommen also, daß in jedem Theile des Spectrums eine gleiche Menge Strahlen existire, werden wir sagen, daß diejenigen, deren Wellen eine Länge von 553,5 Millionteln eines Millimeters haben, die wirksamsten sind, um die Lichtempfindung in uns zu erregen, daß diese Fähigkeit der Erzeugung des physiologischen Effects des Sehens, sowohl mit wachsender als mit abnehmender Wellenlänge sich verringert, und endlich nahezu Null wird, wenn die Wellen um ein Drittel der Länge, welche dem Maximum-Effect entspricht, zu- oder abgenommen haben.

5. Aus der Einfachheit dieser Resultate schließen wir also, daß, um die Vertheilung und Beschaffenheit der das Sonnenlicht zusammensetzenden Strahlen zu erkennen, es zweckmäßig sey sich des mittelst eines Gitters gebildeten Spectrums zu bedienen, da dieses eigentlich ein normales ist. In diesem Spectrum findet sich von seiner Mitte aus das Licht symmetrisch vertheilt, und die Relation zwischen der Wellenlänge der Strahlen und den Abständen vom Centro, in welchen die ihnen entsprechenden Farben im Spectrum erscheinen, ist durch ein einfaches Gesetz direct vom Experiment gegeben.

Die auseinandergesetzten Eigenschaften der Gitterspectra und der von mir daraus gezogene Schluss, daß sie neue numerische Data für die optischen Fragen liefern, sind mir wichtig erschienen, um sie dieser geehrten und gelehrten Versammlung mitzutheilen.

Zweiter Theil. Analyse.

Dieser zweite Theil enthält die mathematischen Beweise der im ersten Theil angedeuteten Deduction.

§. 1. Werth des Brechungsindex vom Fraunhofer'schen Prisma No. 13 ¹⁾, in Function der Wellenlänge.

1. Als Fraunhofer das Spectrum eines Flintglas-Prismas, dessen brechender Winkel $26^{\circ} 24' 30''$ war, durch das Fernrohr eines Theodolithen beobachtete und das Prisma die Stellung der Minimum-Ablenkung des Spectrums besaß, fand er, daß die Hauptlinie *D* um den Winkel von $17^{\circ} 27' 8''$ gebrochen war, und, als er die Winkel zwischen dem Streifen *D* und den übrigen Hauptstreifen *B*, *C*, *E*, *F*, *G*, *H* (Fig. 9, Taf. III) maß, erhielt er:

<i>BD.</i>	<i>CD.</i>	<i>DE.</i>	<i>DF.</i>	<i>DG.</i>	<i>DH.</i>
12' 20",2 ;	— 9' 4",2 ;	11' 50",0 ;	22' 23",9 ;	42' 47",8 ;	61' 5",8

Aus einer Reihe von Beobachtungen an dem durch Gitter gebildeten und bloß mit Hülfe eines Theodolith-Fernrohrs beobachteten Sonnenspectrum hat Fraunhofer ferner für die Wellenlänge der an diesen Hauptstreifen liegenden Strahlen folgende mittlere Werthe, ausgedrückt in Millionteln des Millimeters, abgeleitet:

<i>B.</i>	<i>C.</i>	<i>D.</i>	<i>E.</i>	<i>F.</i>	<i>G.</i>	<i>H.</i>
688 ;	656 ;	589 ;	526 ;	484 ;	429 ;	393 . . ²⁾ .

Diesen Werthen zufolge würde ein Gitter, in welchem die Summe eines dunklen und eines hellen Zwischenraums

1) Gilbert's Annalen der Physik, 1817. — Münchener Denkschriften f. 1814 bis 1815.

2) Denkschriften der Münchener Academie f. 1823.

ungefähr 0^{mm},088 betrüge (was zwischen den von Fraunhofer angewandten das Mittel hielte) ein Spectrum darbieten, in welchem der Winkelabstand zwischen der Linie *D* und den übrigen *B*, *C*, *E*, *F*, *G*, *H*, gemessen im Brennpunkt des Theodolithen-Fernrohrs, ausgedrückt wäre durch:

<i>BD</i>	<i>DC.</i>	<i>DE.</i>	<i>DF.</i>	<i>DG.</i>	<i>DH.</i>
—4' 15"	; —2' 52"	; 2' 43"	; 4' 21"	; 7' 3	; 8' 36".

In diesem Spectrum, Fig. 10, Taf. III, welches wir das *normale* nennen wollen, verändern sich die Zwischenräume der Hauptstreifen proportional den respectiven Wellenlängen der anstossenden Strahlen, und vergleicht man es mit dem vorhergehenden prismatischen Spectrum, so sieht man, daß in diesem die Zwischenräume *BD*, *DC* u. s. w., verglichen mit denen des ersten, gegen das rothe Ende hin an Ausdehnung abnehmen, während die Zwischenräume *DE*, *DF* u. s. w. gegen das violette Ende hin vergleichungsweise an Ausdehnung zunehmen. Diese Verschiedenheit der Ausdehnung hängt davon ab, daß die entsprechenden Strahlen von geringerer Wellenlänge gebrochen werden in einem umgekehrten Verhältniß, größer als das einfache, in welchem die Wellenlängen abnehmen.

2. In der Mittheilung, die ich in der dritten, zu Florenz gehaltenen wissenschaftlichen Versammlung gemacht habe, habe ich die Formel gegeben, welche den Brechungsindex in Function der Wellenlängen ausdrückt. Dehnt man die erwähnte Formel aus, indem man die Approximation bis zur vierten Potenz der Wellenlängen treibt, so kann sie durch folgende Function vorgestellt werden:

$$\frac{1}{V} = i + h \left(\frac{\lambda_0}{\lambda} \right)^2 + k \left(\frac{\lambda_0}{\lambda} \right)^4 \dots \dots \dots (1)$$

In dieser Formel bezeichnet *V* die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts in dem brechenden Mittel, die im Vacuo oder in Luft als Einheit genommen; $\frac{1}{V}$ entspricht daher dem Brechungsindex; λ_0 bezeichnet in Luft die Wel-

lenlänge eines Strahls von gegebener Farbe und λ dieselbe für einen Strahl irgend einer Farbe; i , h , k sind drei constante Coëfficienten, welche von der Natur des Mittels abhängen, und experimentell für jede brechende Substanz bestimmt werden können.

3. Um diese Bestimmung in unserem Falle auszuführen, nehmen wir eine bekannte Formel zu Hülfe, deren sich schon Fraunhofer bedient hat. Bezeichnet $\varphi = 26^\circ 24' 30''$ den brechenden Winkel des Prismas, $\psi = 17^\circ 21' 8''$ den Brechungswinkel des Strahls von der der Linie D anliegenden Farbe, und x den Winkelabstand im Spectrum zwischen der Linie D und der Linie, welche durch die der Länge λ entsprechende Farbe geht, so hat man:

$$\frac{1}{V} = \frac{\sin \frac{1}{2}(\varphi + \psi + x)}{\sin \frac{1}{2}\varphi}.$$

Setzt man diesen Werth des Brechungsindex dem vorherigen gleich, so erhält man die Gleichung:

$$\frac{\sin \frac{1}{2}(\varphi + \psi + x)}{\sin \frac{1}{2}\varphi} = i + h \left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2 + k \left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^4 \quad . . . (2)$$

Der Werth des ersten Gliedes kann für jeden der Hauptstreifen mittelst der vorhin gegebenen Größen berechnet werden; substituirt man also im zweiten Gliede für λ_0 und λ die schon angeführten entsprechenden Werthe der Wellenlänge, so erhält man eben so viele Gleichungen, aus welchen man die Werthe der Constanten i , h , k ableiten kann, wenn man will, unter Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate.

Um diese Bestimmung bequemer zu erlangen, braucht man die obige Gleichung nur einer Transformation zu unterwerfen. Zunächst, da wenn man in derselben $\lambda = \lambda_0$ macht, $x = 0$ seyn muß, hat man:

$$\frac{\sin \frac{1}{2}(\varphi + \psi)}{\sin \frac{1}{2}\varphi} = i + h + k \quad (3)$$

Eliminirt man nun i mittelst dieses Ausdrucks und substituirt für die Differenz der Sinus das Doppelte des Products des Cosinus der halben Summe in den Sinus der halben Differenz, so erhält man:

$$2 \frac{\cos \frac{1}{2}(\varphi + \psi + \frac{1}{2}x)}{\left[\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2 - 1\right] \sin \frac{1}{2}\varphi} \sin \frac{1}{2}x = h + \left[\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2 + 1\right] k.$$

Bei Anwendung dieser Formel zur Bestimmung der beiden Constanten h und k , setzt man in derselben statt der auf den sechs Linien B, C, D, E, F, G liegenden Strahlen respective die Werthe von x :

$DB.$ $DC.$ $DE.$ $DF.$ DG $DH.$
 $-12' 20'',2 ; -9' 4'',2 ; 11' 50'',0 ; 22' 23'',9 ; 42' 47'',8 ; 61' 5'',8$

und entsprechend:

$\lambda = 688$ 656 526 484 428 $393,$

während $\lambda_0 = 589.$

Die Ausführung der Rechnung ergibt die sechs Gleichungen:

$$0,027291 = h + 1,7329 k$$

$$0,027650 = h + 1,8061 k$$

$$0,027519 = h + 2,2539 k$$

$$0,027494 = h + 2,4809 k$$

$$0,028527 = h + 2,8850 k$$

$$0,028903 = h + 3,2463 k$$

woraus nach der Methode der kleinsten Quadrate:

$$h = 0,025555 \quad k = 0,000975$$

und dann erhält man aus der Gleichung (3):

$$i = 1,608506.$$

Mit diesem Zahlenwerth wird der Brechungsindex des Flintglases, aus welchem das von Fraunhofer zu seinen Versuchen angewandte Prisma bestand, ausgedrückt in Function der Wellenlänge im Vacuo für die verschiedenen Farbenstrahlen durch:

$$\frac{1}{V} = 1,608506 + 0,025555 \left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2 + 0,000975 \left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^4.$$

Um zu prüfen, bis zu welchem Grade von Genauigkeit diese Formel die Beobachtungen darstellen könne, habe ich mittelst Gleichung (1) die Werthe von x der sechs Abstände zwischen den Hauptstreifen des Spectrums berechnet, und somit erhalten:

$BD.$ $DC.$ $DE.$ $DF.$ $DG.$ $DH.$
 $-12' 19'',6 ; -8' 57'',2 ; 11' 56'',0 ; 22' 48'',8 ; 42' 33'',6 ; 60' 43'',1.$

Der Vergleich dieser Werthe mit den oben erwähnten, durch Beobachtung gegebenen, zeigt eine genügende Uebereinstimmung.

§. II. Von der respectiven Lichtstärke in den verschiedenen Theilen des prismatischen und des Gitter-Spectrums.

4. Da das prismatische Spectrum ausgedehnter, und von lebhafteren und deutlicheren Farben ist, so hat Fraunhofer die Lichtstärke desselben in der Nähe der Hauptstreifen, angenähert und verglichen mit dem Lichte einer in verschiedene Entfernungen gestellten Lampe, messen können. Die Resultate seiner Beobachtungen sind in folgender Tafel enthalten:

Nummer der Beobacht.	Lichtstärke bei							
	<i>B.</i>	<i>E.</i>	<i>D.</i>	zwisch. <i>D</i> u. <i>E.</i>	<i>E.</i>	<i>F.</i>	<i>G.</i>	<i>H.</i>
I.	0,010	0,048	0,61	1,00	0,44	0,084	0,010	0,0011
II.	0,044	0,096	0,59	1,00	0,38	0,140	0,029	0,0072
III.	0,053	0,150	0,72	1,00	0,61	0,250	0,053	0,0090
IV.	0,020	0,084	0,62	1,00	0,49	0,190	0,032	0,0050
Mittel	0,032	0,094	0,64	1,00	0,48	0,168	0,031	0,0056

Das zur Einheit angenommene Maximum des Lichts fällt zwischen *D* und *E*. Durch die Natur des Maximums selber war es schwierig den Ort, wohin es falle, genau festzusetzen. Fraunhofer setzt es zwischen $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{3}$ des Intervalles *DE* von *D* nach *E*.

Die Ordinaten der Curve über dem Bilde des Spectrums, Fig. 9, Taf. III, stellen die mittleren beobachteten Lichtstärken der darunter stehenden Punkte des Spectrums, entsprechend denselben Abscissen, vor. Aus dem Anblick dieser Curve ersieht man, daß die Lichtstärken verhältnißmäßig weiter gegen das rothe Ende hin auslaufen als gegen das violette, was davon abhängen kann, daß, da der Brechungsindex der kürzeren Undulationen rascher variirt als im umgekehrten Verhältniß ihrer Länge, die Strahlen respective am rothen Ende mehr verdichtet, am violetten Ende mehr ausgebreitet sind. Das Verhältniß, nach welchem die Dichtigkeit der Strahlen in den Theilen des pris-

matischen Spectrums sich ändert, verglichen mit dem, nach welchen sie in den entsprechenden Theilen des Gitterspectrums vertheilt sind, ist proportional dem Differentialcoefficienten $\frac{dx}{d\lambda}$, dergestalt, daß wenn G die Lichtstärke des Punktes x im prismatischen Spectro heisst, Γ die entsprechende des Punktes λ im Gitterspectrum seyn muß:

$$\Gamma = n \frac{dx}{d\lambda} G. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

wo n ein constanter Coefficient ist.

Der Werth des Differentialcoefficienten $\frac{dx}{d\lambda}$ ergibt sich aus der Gleichung (1), welche differentiirt liefert:

$$\frac{dx}{d\lambda} = - \frac{4}{\lambda_0} \left(\frac{\lambda_0}{\lambda} \right)^3 \left[h + 2k \left(\frac{\lambda_0}{\lambda} \right)^2 \right] \frac{\sin \frac{1}{2} \varphi}{\sin \frac{1}{2} (\varphi + \psi + x)}$$

wodurch:

$$\Gamma = - \frac{4n}{\lambda_0} \left(\frac{\lambda_0}{\lambda} \right)^3 \left[h + 2k \left(\frac{\lambda_0}{\lambda} \right)^2 \right] \frac{\sin \frac{1}{2} \varphi}{\sin \frac{1}{2} (\varphi + \psi + x)} \cdot G.$$

Substituirt man für G die obigen mittleren Werthe und für λ_0 , λ , x , φ , ψ die Data des vorhergehenden Paragraphs, so findet man für die Punkte der Hauptstreifen die folgenden Werthe von $\frac{1}{n} \Gamma$:

B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.
9054	30851	294375	315787	145931	39316	9471.

Diese Zahlen geben die Verhältnisse der Lichtstärke des Gitterspectrums an den erwähnten Punkten.

§. III. Von der Curve, welche die Lichtstärke in den verschiedenen Theilen des Gitterspectrums darstellt.

5. Da die Lichtstärken der verschiedenen Theile des Spectrums mittelst des Auges wahrgenommen werden, so müssen sie abhängen sowohl von der Menge der an einem Theile versammelten Strahlen als auch von der Empfindlichkeit der Netzhaut für die besondere Art derselben. Das Gesetz der Veränderlichkeit dieser Stärke, als abhängig zu-

gleich von physischen und physiologischen Elementen, ist zu complicirt, um beim gegenwärtigen Zustande unserer Wissenschaft *a priori* hergeleitet werden zu können. Da wir aber schon die Verhältnisse der Lichtstärken in den verschiedenen Theilen des Gitterspectrums bestimmt haben, so werden wir *a posteriori* eine Formel aufsuchen können, welche sie durch ein Stetigkeitsgesetz an einander bindet, und dadurch ihre Eigenschaften klarer kund giebt.

Zur Aufstellung einer Formel, welche mit einer kleineren Zahl von Constanten die beobachteten Intensitäten darstellt, ist es zweckmässig mit directen Versuchen zu der Prüfung zu schreiten, welche die gegebenen Werthe zu interpoliren liefern. Der Anblick der vorhin gegebenen Werthe von $\frac{1}{n}I$ zeigt uns, dafs sie von der Mitte aus nach den Enden abnehmen, in einer Weise, die auf ein gleiches Abnahmegesetz nach beiden Seiten hindeutet. Ich will daher, um die Lichtstärken im Gitterspectrum vorzustellen, die Ordinaten einer symmetrischen Curve nehmen, und als Axe der Curve die Linie wählen, welche durch die Punkte geht, wo die Wellenlänge $\lambda_\mu = 553,5$ ist. Ich habe folgende Formel angenommen:

$$z^4 = \frac{1}{3}x \left\{ 1 - \frac{3x(1-x)}{1 + 4x^2 e^{-\frac{3}{x}}} \right\} \dots \dots \dots (6)$$

in welchen ich zur Homogenität der Glieder gemacht:

$$z = 3\pi \frac{\lambda - \lambda_\mu}{\lambda_\mu} \dots (7); \quad x = \frac{1 - I}{I} \dots \dots \dots (8)$$

und vorausgesetzt habe, der Maximum-Werth von I , nämlich der, welcher der Axe der Curve entspricht, sey zur Einheit genommen.

Damit die angenommene Formel die Intensität des Gitterspectrums vorstellen könne, mufs sie folgenden zwei Bedingungen genügen:

Erstens: Berechnet man mittelst derselben das Maximum der Lichtstärke im prismatischen Spectro, so mufs

Gleichungen (6) und (5) genommen werden, welche geben:

$$x^3 = -\frac{\lambda\mu}{4 \cdot 3^2 \pi} \left\{ 1 - \frac{3\chi(2-3\chi)}{1+4\chi^2 e^{-\frac{3}{\chi}}} + \frac{12\chi^2(3-2\chi+\chi^2)e^{-\frac{3}{\chi}}}{((1+4\chi^2)+e^{-\frac{3}{\chi}})} \right\} \frac{d\chi}{d\lambda}$$

$$\frac{d^2 x}{d\lambda^2} = -\frac{1}{\lambda_0} \left\{ \frac{3h+10k\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2}{h+3k\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2} \frac{\lambda_0}{\lambda} - \frac{\lambda_0}{2} \frac{dx}{d\lambda} \operatorname{tang} \frac{1}{2}(\psi + \varphi + x) \right\} \frac{dx}{d\lambda}$$

und mit diesen Werthen nimmt die vorhergehende Gleichung die Form (9) an:

$$x^3 = \frac{1}{4 \cdot 3^2 \cdot \pi} \cdot \frac{\lambda\mu}{\lambda_0} H(1+\chi) \left\{ 1 - \frac{3\chi(2-3\chi)}{1+4\chi^2 e^{-\frac{3}{\chi}}} + \frac{12\chi^2(3-\chi+2\chi^2)e^{-\frac{3}{\chi}}}{\left(1+4\chi^2 e^{-\frac{3}{\chi}}\right)^2} \right\}$$

worin wir Kürze halber H statt der Gröfse gesetzt haben, die im zweiten Theile des Ausdrucks von $\frac{d^2 x}{d\lambda^2}$ zwischen den Parenthesen enthalten ist.

Hätten wir χ aus dieser letzten Gleichung und der (6) eliminirt, und statt z und x ihre Werthe (7) und (2) in Function von λ substituirt, so würde die resultirende Gleichung nichts Unbekanntes als λ enthalten haben, und würde fähig seyn den Werth dieser Gröfse für den Ort zu geben, an welchem die Lichtstärke des prismatischen Spectrums ein Maximum werden mufs. Wir wollen diesen Werth mit λ_μ bezeichnen.

Die Elimination und Auflösung, von der wir sprachen, würde unausführbar seyn, wenn sie in ganzer Allgemeinheit vollzogen werden sollte. Man kann aber bemerken, dafs das Maximum von G wenig von dem von I entfernt liegen mufs, und dafs die Werthe von I in der Nähe des Maximums im Allgemeinen ziemlich wenig variiren, und weniger noch in unserem besonderen Falle wegen der angenommenen Form der Gleichung. Da der Werth von χ in der Formel (6) ziemlich klein seyn mufs und die Exponentiale $e^{-\frac{3}{\chi}}$ eine sehr kleine und zu vernachlässigende Gröfse

wird, so kann man die Gleichungen (6) und (10) auf die Form reduciren:

$$z^4 = \frac{1}{3}\chi - \chi^2 + \chi^3$$

$$z^4 = \frac{1}{12} H \frac{\lambda_m - \lambda_\mu}{\lambda_0} \left\{ 1 - 5\chi + 3\chi^2 + 9\chi^3 \right\}$$

Um diese beiden Gleichungen aufzulösen, habe ich ein Täfelchen von fünf Gliedern berechnet, welches die Werthe von $\frac{1}{12} H \frac{\lambda_m - \lambda_\mu}{\lambda_0}$ giebt durch die vorausgesetzten und denen von λ_m sehr nahen Werthe von λ . Deshalb einen dem wahren sehr nahen Werth für χ nehmend, habe ich mit der ersten der beiden Gleichungen die von z^4 berechnet, und alsdann die von z , aus welcher ich nun ableitete:

$$\lambda = \lambda_\mu + \frac{\lambda_0}{3\pi} z.$$

Mit diesem Werth von λ in das oben erwähnte Täfelchen eingehend, habe ich den von

$$\frac{1}{12} H \frac{\lambda_m - \lambda_\mu}{\lambda_0}$$

ausgezogen, und mit der zweiten Gleichung einen zweiten Werth von z_4 erhalten. Wenn dieser Werth von z_4 mit dem schon aus der ersten Gleichung erhaltenen zusammenfiel, schloß ich, daß der vorausgesetzte Werth von χ der wahre sey. Durch diese Methode erhielt ich für das Maximum der Lichtstärke:

$\chi_m = 0,02255$; $\log z^4_m = 7,84258$; $\lambda_m - \lambda_\mu = 16,96$,
weshalb, da $\lambda_\mu = 553,5$, man hat:

$$\lambda_m = 570,5.$$

Diesem Werth von λ_m entspricht, wegen der Formel (1), $x = 3' 4'' = 184''$, so daß, da das Intervall $DE = 11' 50'' = 710''$, und folglich $\frac{1}{4} DE = 177'',5$, $\frac{1}{3} DE = 236'',7$; man sieht, daß der für das Maximum der Lichtstärke im prismatischen Spectrum gefundene Ort auf $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ des Intervalles DE fällt, wie es die Erfahrung verlangt.

7. Mit dem aus der Formel (8) erhaltenen Werth von χ_m , hat man:

$$\Gamma_m = 0,978.$$

Macht man nun in der Gleichung (4) $G=1$, so wird sie durch diesen Werth von I_m verificirt seyn müssen, weshalb seyn muß:

$$n = \frac{I_\mu}{\frac{dx}{d\lambda_m}}$$

und führt man die Rechnung aus, so findet man:

$$\log n = 4,28391.$$

Dieser Werth von n ist nothwendig, um von dem für das Gitterspectrum geltenden Werth von I überzugehen zu dem dem prismatischen Spectrum entsprechenden von G , wenn man mit der Einheit das Maximum der Lichtstärke sowohl in dem einen als in dem anderen Spectrum bezeichnen will ¹).

8. Um zu sehen, ob die angenommene Formel (6) auch die zweite Bedingung erfülle, d. h. die an verschiedenen Punkten des prismatischen Spectrums nahe bei den Hauptstreifen beobachteten Lichtstärken wohl darstelle, hat man aus derselben Formel erstlich die Werthe von I , die den zu diesen Streifen gehörigen Werthen von λ entsprechen, abzuleiten, und dann aus diesen Werthen, mittelst der Formel (4), die von G .

Fig. 10, Taf. III repräsentirt die durch Gleichung (6) gegebene Curve, vorausgesetzt es sey in diese Gleichung statt χ sein Ausdruck (8) gesetzt, und es bezeichne I die Ordinate und z die Abscisse, gezählt von der Axe μ aus, und gemessen in Theilen der halben Circumferenz. Ich nahm anfangs auf diese in richtigen Verhältnissen gezeichnete Curve die nächsten Werthe von I , welche den zu den Linien B, C, D, E, F, G, H gehörigen Werthen

1) VVollte man die Bedingung erfüllen, daß die beiden Spectra dieselbe

Lichtmenge enthalten sollen, so müßte man n mittelst der Formel $n = \frac{\int I d\lambda}{\int G dx}$

bestimmen, und deshalb die aus unserer Formel erhaltenen Werthe der Intensität G dividiren durch diesen Werth von n ; aber in diesem Falle würde die Maximum-Intensität G nicht mehr durch die Einheit ausgedrückt seyn.

von z entsprechen, und berichtigte hierauf diese Werthe, so daß sie genau der Gleichung (6) genügten; so fand ich:

Werthe von	<i>B.</i>	<i>C.</i>	<i>D.</i>	zwisch. <i>D</i> u. <i>E.</i>	<i>E.</i>	<i>F.</i>	<i>G.</i>	<i>H.</i>
z	2,290	1,745	0,604	0,000	0,468	1,183	2,120	2,753
I	0,0208	0,0607	0,5615	1,000	0,6931	0,2772	0,0274	0,0122

Aus diesen Werthen von I , aus dem von n , und aus den schon berechneten Werthen von $\frac{dx}{d\lambda}$ habe ich darauf mittelst der Formel (4) hergeleitet:

Werthe von	<i>B.</i>	<i>C.</i>	<i>D.</i>	zwisch. <i>D</i> u. <i>E.</i>	<i>E.</i>	<i>F.</i>	<i>G.</i>	<i>H.</i>
G	0,038	0,096	0,635	1,000	0,548	0,168	0,011	0,0037

Diese Werthe der Lichtstärke des prismatischen Spectrums, hervorgehend aus den durch die Formeln (1) und (6) ausgedrückten Gesetzen, liegen alle zwischen den von der Beobachtung gegebenen, die in No. 4 angeführt sind, und sie zeigen uns daher, daß die angenommene Formel im Stande ist, die Erscheinungen darzustellen. In der That zeigen die Grenzen, zwischen welchen die Data der angeführten Beobachtungen schwanken, wie schwer die Bestimmung dieser Daten ist, und welche Ungewißheit daher noch hinsichtlich ihrer Werthe verbleibt. Hierdurch macht sich immer mehr die Nothwendigkeit fühlbar, daß die Physiker photometrische Mittel entdecken, die einer größeren Genauigkeit fähig sind. In Ermanglung gewisserer Data halten wir es für überflüssig zu versuchen, ob sich durch eine Abänderung der Formel, oder vielmehr ihrer Coëfficienten, eine größere Annäherung der berechneten Resultate an die beobachteten erreichen lasse.

§. IV. Betrachtungen.

9. Die Werthe von z und I in den Formeln (7) und (8) sind in der Weise ausgedrückt, daß die Lichtstärke in der Mitte des normalen Spectrums ein Maximum sey,

wenn r gleich ist dem Radius oder der Einheit, und die Abscissen proportional in Theilen des halben Kreisumfangs π wachsen. Nimmt man $\lambda = \lambda_\mu \mp \frac{1}{3} \lambda_\mu$, so hat man aus der Formel (7):

$$x_{-1} = -\pi \quad x_1 = \pi,$$

wonach, da $\lambda_\mu = 553,5$ die Abscissen, welche auf der einen und anderen Seite der Maximum-Ordinate dem halben Kreisumfang gleichkommen, der Wellenlänge $553,5 \mp 184,5$, d. h.

$$\lambda_{-1} = 369 \quad ; \quad \lambda_1 = 738$$

entsprechen. Diese beiden Werthe nähern sich hinreichend denjenigen Wellenlängen, bei welchen das Licht aufhört sichtbar zu seyn. Die diesen Wellenlängen entsprechenden Lichtstärken in den Punkten des normalen Spectrums würden kaum 0,006 der Maximumstärke erreichen, und diese Punkte würden von den ungewissen Gränzen, die in der Fraunhofer'schen Figur angegeben sind, kaum um $\frac{1}{60}$ der gesammten Länge des Spectrums abstehen. Erwägt man, dafs die Beobachtungen jenes geschickten Optikers mit grofser Sorgfalt angestellt sind, um noch mit dem Auge eine jede Spur von Licht wahrzunehmen, so kann man sagen, dafs für gewöhnlich die deutliche Sichtbarkeit des Lichts erzeugt wird von Wellen, deren Länge sich von 369 bis zu 738 Millionteln eines Millimeters erstreckt, oder vielmehr von Wellen, deren Länge von 1 bis 2 geht, und dafs diejenigen die lebhafteste Empfindung zu erzeugen vermögen, deren Länge 553,5 Milliontel des Millimeters oder das Anderthalbfache der kleinsten Wellenlänge beträgt.

10. Schliesslich will ich, nach Art von Newton, die Werthe der den Hauptstreifen entsprechenden Wellenlängen, mit denen der Töne der diatonischen Scale zusammenstellen.

<i>c</i>	<i>d^b</i>	<i>d.</i>	<i>e.</i>	<i>f.</i>	<i>f^b.</i>	<i>g.</i>	<i>a.</i>	<i>h.</i>	<i>c.</i>
$\frac{1}{738}$	$\frac{17}{23}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{25}{19}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{13}{8}$	$\frac{2}{1}$
$\frac{1}{738}$	$\frac{1}{658,3}$	$\frac{1}{656}$	$\frac{1}{589}$	$\frac{1}{553,5}$	$\frac{1}{526}$	$\frac{1}{484}$	$\frac{1}{429}$	$\frac{1}{393,5}$	$\frac{1}{369}$
<i>A.</i>	<i>B.</i>	<i>C.</i>	<i>D.</i>	<i>μ.</i>	<i>E.</i>	<i>F.</i>	<i>G.</i>	<i>H.</i>	<i>I.</i>
738	688	656	589	553,5	526	484	429	393	369

Die beiden ersten Zahlenreihen bezeichnen die relativen Werthe der Töne, dabei das tiefere c durch die Einheit oder durch den Bruch $\frac{1}{7\frac{1}{3}8}$ ausgedrückt, so daß die Nenner der zweiten Reihe die Saitenlängen, welche die respectiven Töne hervorbringen, vorstellen würden. Die dritte Zahlenreihe enthält die Werthe der den darüberstehenden Hauptstrichen entsprechenden Wellenlängen, ausgedrückt in Millionteln des Millimeters. Aus dem Vergleiche ersieht man, daß die Wellenlängen an den Streifen C, D, H den Saitenlängen der Töne d, e, h wohl entsprechen, im Uebrigen aber nur eine Annäherung stattfindet. Diese Coïncidenz der dunklen Hauptstriche, sobald die Verhältnisse durch die geraden Nenner 4 und 8 ausgedrückt, und die Zähler ungerade sind, scheinen der Voraussetzung günstig, daß die dunklen Striche durch Interferenz entstehen, und daher ist es bemerkenswerth, daß dem g nur angenähert der Strich F entspricht, dessen Wellenlänge um $\frac{1}{60}$ kleiner ist als die Saitenlänge des entsprechenden Tons. Es ist indess diese leere Speculation aufgegeben, bis wir zahlreichere und genauere experimentelle Data besitzen.

Zusatz. Ueber die Newton'sche Theorie des Spectrums.

Nimmt man die Länge von Newton's prismatischem Spectrum, Fig. 11, Taf. III. zur Einheit, und legt den Anfang der Coordinaten in den äußeren Punkt O , in den Abstand eins von der rothen Gränze, so sind die Abscissen X der Gränzen, an welchen die verschiedenen Farben aufhören, gegeben durch folgende Zahlen:

$$\begin{array}{cccccccc} X_o & , & X_r & , & X_a & , & X_g & , & X_v & , & X_t & , & X_i & , & X_{\infty} \\ 1 & & \frac{9}{8} & & \frac{6}{5} & & \frac{4}{3} & & \frac{3}{2} & & \frac{5}{3} & & \frac{16}{9} & & 2. \end{array}$$

Die Buchstaben r, a, g u. s. w. bezeichnen respective die Farben roth, orange, gelb, u. s. w.

Umgekehrt hat man:

$$\begin{array}{cccccccc} \frac{1}{X_o} & , & \frac{1}{X_r} & , & \frac{1}{X_a} & , & \frac{1}{X_g} & , & \frac{1}{X_v} & , & \frac{1}{X_t} & , & \frac{1}{X_i} & , & \frac{1}{X_{\infty}} \\ 1 & , & \frac{8}{9} & , & \frac{5}{6} & , & \frac{3}{4} & , & \frac{2}{3} & , & \frac{3}{5} & , & \frac{9}{16} & , & \frac{1}{2} \end{array}$$

Die Längen λ der Accessen der diesen Gränzen entsprechenden Farben folgen, nach Newton, den Zahlenwerthen:

$$\lambda_o, \lambda_r, \lambda_a, \lambda_g, \lambda_v, \lambda_t, \lambda_i, \lambda_u$$

$$(1)^{\frac{1}{3}}, (\frac{8}{9})^{\frac{1}{3}}, (\frac{5}{6})^{\frac{1}{3}}, (\frac{3}{4})^{\frac{1}{3}}, (\frac{2}{3})^{\frac{1}{3}}, (\frac{3}{5})^{\frac{1}{3}}, (\frac{9}{16})^{\frac{1}{3}}, (\frac{1}{2})^{\frac{1}{3}} \dots (2)$$

Die Ausdehnung der Farben auf dem Umfang des Farbenkreises sind, nach Newton, proportional den folgenden Differenzen:

$$\varphi_r = 1 - \frac{X_o}{X_r}; \varphi_a = 1 - \frac{X_r}{X_a}; \varphi_g = 1 - \frac{X_a}{X_g}, \text{ etc.}$$

wodurch man hat:

$$\varphi_r, \varphi_a, \varphi_g, \varphi_v, \varphi_t, \varphi_i, \varphi_u$$

$$\frac{1}{9}, \frac{1}{18}, \frac{1}{16}, \frac{1}{9}, \frac{1}{10}, \frac{1}{18}, \frac{1}{9} \dots \dots (3)$$

Theilt man den Kreisumfang im Verhältniß dieser Zahlen, so würden die Längen der Bogen $or, ra, \text{ etc.}$

$$\begin{array}{ccccccc} or. & ra. & ag. & gv. & vt. & ti. & iu. \\ 60^\circ 45' & ; 34^\circ 11' & ; 54^\circ 41' & ; 60^\circ 46' & ; 54^\circ 41' & ; 34^\circ 11' & ; 60^\circ 45'. \end{array}$$

Das durch diesen Kreis vorgestellte Spectrum, geradlinig ausgebreitet, wie Fig. 12, Taf. III, würde Newton's normales Spectrum seyn. Dieses Spectrum hätte seyn Centrum in der Mitte das Grün, die Farben würden nach beiden Seiten hin symmetrisch vertheilt seyn, und die Accessen-Längen der Strahlen, die zweien gleichweit von der Mitte des Spectrums entfernten Farben entsprechen, würden ziemlich angenähert der zuerst von Blanc bemerkten Bedingung genügen, dafs ihr Product constant und gleich $(\frac{1}{2})^2$ wäre; dies führt zur Gleichung:

$$\lambda_\phi = 511,6 \left(\frac{1}{2}\right)^{-\frac{1}{3} \phi} \pi,$$

welche die Accessen-Länge λ_ϕ , entsprechend dem von der Mitte aus gezählten und gegen das rothe Ende hin positiv genommenen Bogen ϕ , in Millionteln des Millimeters angiebt.

Die drei Reihen (1), (2), (3), welche wir hier vereinigt haben, umfassen unter einem einzigen Gesichtspunkt die einfachen Relationen, durch welche Newton die verschiedenen Elemente des Spectrums sinnreich zu erkennen versucht hat.

III. *Christ. Doppler's neueste Leistungen auf dem Gebiete der physikalischen Apparatenlehre, Akustik, Optik und optischen Astronomie; dargestellt von Dr. B. Bolzano.*

Seit ich die in Bd. 60, S. 83 bis 85 dieser Annalen aufgenommenen „*Bemerkungen über die neue Theorie Professor Doppler's, in der Schrift: über das farbige Licht der Doppelsterne u. s. w.,*“ eingesandt habe, sind von demselben Gelehrten bis jetzt nicht weniger als zwölf Abhandlungen ¹⁾ an's Licht gestellt worden, deren jede manche neue, und einer ferneren Beachtung und Untersuchung werthe Gedanken darbietet. Da zu besorgen steht, daß diese Abhandlungen nicht Allen, für die ihr Inhalt wichtig seyn muß, zu Gesichte kommen, um so weniger, weil mehrere derselben aus ihrem Titel eben nicht errathen lassen, was für verschiedenartige Gegenstände sie besprechen: so habe ich mich, aus bloßer Liebe zu einer Wissenschaft, deren Fortschritte seit einem halben Jahrhunderte Bereits nie für mich gleichgültig gewesen sind, der kleinen Mühe unterzogen, hier eine kurze Uebersicht dieser Gedanken zu liefern. Ich habe mich hiebei nicht an die Ordnung, in der die Gegenstände in den Abhandlungen selbst vorkommen, sondern an ihren inneren Zusammenhang gehalten, und sie daher

- 1) Ich übergehe bei dieser Zählung absichtlich Doppler's im J. 1845 erschienene Abhandlung: „*Ueber die bisherigen Versuche des Aberrationsphänomens,*“ (die wie die übrigen, bis auf eine einzige unten anzuführende Ausnahme, aus den Abh. d. K. Gesellschaft d. Wissensch. in Prag besonders abgedruckt, und in Commission bei Borrosch und Andrä zu haben ist), weil hier doch eigentlich keine neue Lehre aufgestellt, sondern nur die Unhaltbarkeit der bisherigen Erklärungen jenes Phänomens gezeigt wird. Auch auf den Inhalt der in diesen Annalen selbst schon, Bd. 68, S. 1 bis 35, aufgenommenen Abhandlung Doppler's: „*Bemerkungen zu meiner Theorie des farbigen Lichtes der Doppelsterne u. s. w.*“ werde ich hier keine Rücksicht nehmen, weil ich voraussetzen darf, daß sie den Lesern schon bekannt sey.

bloß nach den Wissenschaften, in welche sie zunächst gehören, abgetheilt; was mir für den Zweck dieser Blätter jedenfalls geeigneter schien.

1. Zur physikalischen Apparatenlehre.

Apparate, deren Gebrauch sich nicht bloß auf eine einzige Kunst oder Wissenschaft beschränkt, gehören eben deshalb nicht dieser einzigen an, und werden somit entweder in der Wissenschaft, auf deren Lehrsätzen ihre Einrichtung vornehmlich beruht, oder noch zweckmäßiger in einer eigenen Wissenschaft, der wir den Namen der *physikalischen Apparatenlehre* geben, beschrieben. Zu den Maschinen, die Doppler bereits in früheren Jahren ersonnen ¹⁾, kommen in den uns jetzt vorliegenden Abhandlungen nachstehende Apparate und Operationsmethoden hinzu.

1) Das von ihm sogenannte optische *Diastamometer* (optischer Fernmesser) ²⁾, eine Art Fernrohr, mit dem man die Entfernung jedes nicht allzufernen terrestrischen Gegenstandes durch bloßes Anvisiren mit einer für die meisten Zwecke mehr als zulänglichen Genauigkeit erfährt; ein Werkzeug, das alle bisherigen Distanzmesser an Brauchbarkeit und an Bequemlichkeit entschieden übertrifft, und für die verschiedenen Zweige der practischen Feldmefskunst, der Kriegswissenschaft, der Seefahrtskunde und m. a. Künste und Lebenszwecke wichtige Dienste verspricht. Die Einrichtung beruht auf dem bekannten Umstande, daß die von dem Objectivglase eines Fernrohrs erzeugten Bilder um desto näher an dessen Brennpunkt heranrücken, je mehr die Gegenstände sich entfernen; daher das Ocularglas dem Objectiv näher gerückt werden muß, um den Gegenstand deutlich zu sehen, und eben aus dieser nöthig gewordenen

1) Hierher gehören besonders sein *Cyklograph* zur Verzeichnung von Kreisbögen mit sehr großem Halbmesser, und sein Instrument zur Verzeichnung der *Curtesischen Curven*

2) Siehe die erste der „zwei Abhandlungen aus dem Gebiete der Optik.“ Prag 1845.

Verschiebung ein Schluss auf die Entfernung des Gegenstandes selbst gemacht werden kann. Die große Schwierigkeit, wie dies mit einiger Genauigkeit geschehen kann, wenn, wie bei Entfernungen, die vielfach größer sind, als die Focalweite des Objectivglases, die Bilder kaum um ein Merkliches noch auseinanderrücken, sucht Doppler durch die höchst sinnreiche Einrichtung zu beseitigen, daß er statt jedes der beiden einfachen Gläser, des Objectivs sowohl als des Oculars, eine Verbindung zweier Linsen setzt, deren eine convex, die andere concav ist, und zwar in solcher Weise, daß die Zerstreuungsgläser *B* und *C*, Fig. 8, Taf. I, bedeutend stärker als die Sammellinsen *A* und *B* sind; daher sich das Bild, das *A* allein in *p* erzeugt hätte, durch *B* nach *o* versetzt findet; zu welcher Stelle hin die für ein gegebenes Auge unverrückt bleibende Verbindung der Gläser *C* und *D* in der Ocularröhre so nahe geschoben wird, bis man den Gegenstand ganz deutlich sieht; worauf dann eine am äußeren Theile des Apparats längs *op* angebrachte Scale die Entfernung des Gegenstandes anzeigt. Man begreift bald, wie ein so eingerichtetes Fernrohr bei sehr mäßiger Länge dasselbe leisten könne, was eines aus zwei Convexlinsen bei einer ungemein großen Länge noch kaum geleistet hätte. Weil übrigens, wie sich die Bilder entfernterer Objecte hinter einem convexen Glase zusammendrängen, so umgekehrt die Bilder sehr nahe (innerhalb der Brennweite) liegender Gegenstände weiter als diese selbst auseinandertreten: so übersah es Doppler auch nicht, daß dieser Umstand benutzt werden könne, um kleine und in die Tiefe gehende Abstände zu messen; wie dies z. B. zu der Bestimmung der Tieflage einzelner Organe bei Infusorien oder vegetabilischer Gebilde, zur Messung der Unebenheiten rauher Körper und in so manchem anwendbar wäre, wo eine andere Messungsmethode nicht anderen Falle, erwünscht werden kann. Indessen begnügt er sich hier nur mit der Andeutung dieses Gedankens, wie er denn überhaupt am Schlusse geschickte Optiker auffordert, seine diesfälligen Ideen erst durch Versuche vollständiger zu erproben.

2) Ein Mittel, periodische Bewegungen von ungemeiner Schnelligkeit wahrnehmbar zu machen und zu bestimmen ¹⁾.

Betrachten wir einen in periodisch wiederkehrender Bewegung begriffenen Gegenstand durch eine mit einer Oeffnung versehene Scheibe, die sich in gleicher Zeit herumdreht: so ist klar, daß unser Auge den Gegenstand immer nur in derselben Phase seiner Bewegung und an derselben Stelle erblickt. Erfolgen nun diese congruirenden Eindrücke auf das Auge innerhalb einer Zeit, die kürzer ist als die bekannte Nachwirkung eines Lichteindrucks währt, d. h. ist jene Umdrehungszeit kürzer als 0,35 Sec.: so erscheint uns der Gegenstand ganz, als ob er ruhte, in seiner eigenthümlichen Gestalt und Farbe. Das ist auch noch der Fall, wenn sich die Scheibe langsamer als das Object bewegt, doch so, daß ihre Umlaufszeit genau ein Vielfaches von jener des Objects, und jedenfalls auch noch kürzer als 0,35 Sec. ist. Dieser Umstand nun erschließt uns die Möglichkeit, Bewegungen von jeder auch noch so großen Geschwindigkeit der sinnlichen Wahrnehmung und Berechnung zugänglich zu machen, sofern nur auch die Bewegung der Scheibe gehörig regulirt und ihre Geschwindigkeit gemessen werden kann. Zu diesem Zwecke räth der Verf., eine mit einer oder auch mehreren gleich weit abstehenden Oeffnungen versehene Scheibe an das gezähnte Drehrad der *Sirene von Cagniard de la Tour* zu befestigen, und diese durch Zuführung von Luft in eine allmählig zunehmende Bewegung zu versetzen, während man durch die vor dem Auge vorübereilenden Oeffnungen nach dem bewegten Objecte sieht. Der Umstand, daß wir uns schon durch die sich immer gleich bleibende Tonhöhe von der gleichförmigen Bewegung der Scheibe versichern, die Anzahl ihrer Umdrehungen aber durch den angebrachten Zählapparat ermitteln können, läßt erwarten, daß wir die periodische Bewegung des Objects mit einem hohen Grade von Verlässlichkeit werden bestimmen können. In vielen Fällen wird

1) Siehe die zweite der nur erwähnten „*Abhandlungen a. d. Gebiete der Optik*. (Das Mittel ist übrigens nicht neu, unter Andern schon von Savart angewandt worden. P.)

es auch dienlicher seyn, statt die Wahrnehmung des Objects periodisch zu unterbrechen, die Quelle der Beleuchtung selbst in eine periodisch intermittirende zu verwandeln; wozu nur nöthig ist, die rotirende Scheibe unmittelbar vor der Lichtquelle anzubringen, und dafür zu sorgen, daß dem Objecte nur durch die Oeffnung der Scheibe Licht zukomme.

3) Manchen gewiß sehr dankenswerthen *Beitrag zur Kunst des Schleifens* im Allgemeinen, und insbesondere der *Gläser und Metallspiegel* liefert uns Doppler ¹⁾, indem er nachweist:

- a) daß es in allen denjenigen Fällen, wo es sich darum handelt, eine möglichst glatte (spiegelnde) Oberfläche zu erzeugen, zweckmäßig sey, den sogenannten *Schleifer* nie so stark anzudrücken und nie so schnell fortzuführen, daß die Theilchen des Schleifmittels (z. B. des Schmergels) in den zu schleifenden Körper sich gleichsam einhaken und auf denselben somit als eine Art von Feile einwirken; sondern vielmehr dahin zu sehen, daß diese Theilchen immer in einer *rollenden* Bewegung fortgleiten.
- b) Es wird mit Berufung auf hierüber angestellte eigene sowohl als fremde Erfahrungen bewiesen, daß es ein Vorurtheil sey, man könne bei einer bloß rotirenden Bewegung des Schleifers *keine vollkommene Glätte* erreichen, weil sich stets Streifen oder Ringe, oder ein sogenannter Strich erzeuge. Doch wird empfohlen,
- c) so oft es thunlich ist, für den Schleifer ein gleiches Material, z. B. Glas bei Gläsern zu mahlen; ingleichen
- d) denselben von Zeit zu Zeit in die Höhe zu heben, daß neue Schleiftheilchen unter ihn kommen. Es wird ferner
- e) erwiesen, daß es in allen Fällen, wo keine ebene oder sphärische Oberfläche erzeugt werden soll (also

1) In der reichhaltigen Abhandlung: „*Ueber eine wesentliche Verbesserung des katoptrischen Mikroskops*“; mit sechs lithographirten Tafeln. Prag 1845.“

z. B. bei *Ellipsoiden*) nöthig sey, sich eines Schleifers zu bedienen, der dem zu schleifenden Körper nur eine Art von *Spitze* darbietet;

- f) daß man diesen Schleifer nie in der Richtung der Normale, sondern in *schiefer Richtung* auf die zu bildende Fläche müsse einwirken lassen; so zwar, daß
g) jede Stelle der Fläche, die eine andere Krümmung hat, auch von einer anderen Stelle des Schleifers berührt wird.

4) Sind die so eben in Aussicht gestellten Fortschritte in der Kunst des Schleifens errungen, so wird auch eine bis nunmehr unerreichbare Vervollkommnung unserer *katoptrischen* sowohl als *dioptrischen* *Sehwerkzeuge* ermöglicht. Es kann nämlich nicht ferner gezweifelt werden an der Möglichkeit, Spiegel sowohl als Gläser von jeder beliebigen Krümmung ihrer Oberflächen zu liefern. Doppler begnügt sich, ein Paar zu diesem Zwecke geeignete Maschinen zu beschreiben, am genauesten Eine zur Schleifung *elliptischer Spiegel*, gleichviel *nach welchem* aus einer Ellipse entnommenen *Bogenstücke* sie gekrümmt seyn sollen. Ein Umstand von großer Wichtigkeit, weil — wie gezeigt wird — keineswegs der um den Scheitel des Ellipsoids, sondern ein nach der beabsichtigten Vergrößerung verschieden gelegener Theil zwischen den beiden Axen die tauglichste Krümmung für einen *katoptrischen Spiegel* darbietet.

5) In Beziehung auf Spiegel empfiehlt uns der Verf. ¹⁾ auch noch ein eigenes Gemisch aus *Silber und Zink*, welches nach seinen hierüber angestellten Versuchen den höchsten Grad der Politur annimmt; und räth auch, sie möglichst dünn und in eisernen Formen von bedeutender Masse zu gießen, damit die *Abkühlung* möglichst beschleunigt werde.

6) Das von der Form dieser Spiegel No. 4 Gesagte gilt übrigens in seinem ganzen Umfange erst, wenn die von Doppler hier zuerst vorgeschlagene *Construction* der *katoptrischen* *Sehwerkzeuge* befolgt wird, bestehend darin,

1) In Henckeler's Zeitschrift. Mittheilungen v. J. 1844. S. 389.

dafs man statt zweier, nur einen einzigen Spiegel gebraucht, den man so stellt, dafs der vom Gegenstande kommende Strahl schief, ungefähr unter einem Winkel von 45° einfällt, und der reflectirte mit ihm sonach einen *rechten Winkel* bildet. Durch diese bei Fernröhren eben so wie bei Mikroskopen anwendbare Einrichtung werden, selbst wenn die sphärische Gestalt noch immer beibehalten wird, folgende Vortheile erreicht:

- α) die erzeugten Bilder besitzen wegen der nur einmaligen Reflexion eine bedeutend gröfsere Lichtstärke; und haben
- β) besonders in der Mitte des Gesichtsfeldes nicht jene Dunkelheit, worüber man bei den bisherigen katoptrischen Werkzeugen klagt;
- γ) sind von den Schwierigkeiten und Fehlern befreit, die eine genaue Zusammenstellung der beiden Spiegel verursacht;
- δ) da alle Strahlen hier schief auffallen, so werden sie (wie bekannt) nicht nur *vollständiger*, sondern auch *regelmäfsiger* zurückgeworfen, da ja selbst Flächen, die bei senkrecht auffallenden Strahlen gar keine Spiegelung zeigen, spiegeln, sobald sie schief gehalten werden.

Bei der *elliptischen* Form erhalten überdies

- ϵ) die durch das Ocular angesehenen Bilder einen viel höheren Grad von Vollkommenheit, da sie von den Fehlern der Kugelabweichung frei sind.
- ζ) Die *Mikroskope* aber werden wegen der gröfseren Entfernung des Objecttisches vom Tubus eine noch viel bequemere Beleuchtung als selbst jene von Amici verstatten.
- η) *Spiegelfernröhre* endlich, nach diesem Princip erbaut, müssen an Lichtstärke sowohl als an Präcision des Bildes die Teleskope Newton's, Gregory's und Cassegrain's weit übertreffen; und es ist in der That zu bewundern, dafs man es auch bei Anwendung des Paraboloids zu Brenn- oder Beleuchtungsspiegeln

bisher noch unterliefs, eine andere als die Scheitelparthie zu benutzen.

7) Nachdem der Verfasser die Gründe angegeben, warum er beim *Fernrohre* eine beträchtlich höhere Vervollkommnung, namentlich eine bedeutend stärkere Vergrößerung des Bildes, als eben jetzt schon durch Herschel's und Rofs's *Riesenteleskope* geleistet worden ist, kaum mehr für möglich erachte, beklagt er, wie uns dünkt, sehr mit Recht, daß hinsichtlich auf das *Mikroskop* (von dessen Vervollkommnung sich doch die Naturkunde, die Heilkunst und mehrere andere Wissenschaften die wichtigsten Dienste versprechen können), nicht einmal dasjenige geleistet worden sey, was man füglich schon auf dem bisherigen Standpunkte der Wissenschaft zu leisten vermocht hätte. Er spricht nun den sehr billigen Wunsch aus, daß man, nachdem wir bereits so viele mit Königlicher Munificenz errichtete und mit den kostbarsten Instrumenten ausgerüstete Tempel Uraniens haben, endlich auch ein mikroskopisches Observatorium mit einem *Riesenmikroskope* erbauen möge. Nach seinem Vorschlage wäre hiezu nichts weiteres erforderlich als ein einstöckiges Gebäude von etwa 40° Länge, und nöthigenfalls selbst nur 5° Breite; in dessen erstem gegen Süden gelegenen ebenerdigen Zimmer sich der Objectivtisch befände, versehen mit allen möglichen Beleuchtungsapparaten für durchscheinende sowohl als dunkle Gegenstände (bei welcher Gelegenheit der Verf. erinnert, daß er ein Mittel kenne, das Sonnenlicht mit Absonderung fast all seiner Wärmestrahlen zu concentriren). In dem unmittelbar über diesem befindlichen Zimmer des ersten Stockes wäre der einzige unter einem Winkel von 45° schief gestellte Spiegel, der etwa 20 Mal vergrößern würde, wenn er eine Brennweite von 2° hätte, wobei er etwa 2' lang und 14" breit seyn könnte. Das Licht von den Objecten fiel durch ein hinreichend großes Loch in dem Fußboden auf diesen Spiegel, und würde in einer nahezu horizontalen Richtung in den anstoßenden finsternen Gang geworfen, an dessen Ende es durch einen Oculareinsatz von etwa

1000facher Vergrößerung aufgefangen, dem Auge den Gegenstand in einer 20000fachen linearen Vergrößerung darstellen würde. Ein solches Riesenmikroskop würde nun nebst den schon No. 6 erwähnten noch folgende Vortheile gewähren:

- α) Den zu betrachtenden Objecten könnte jeder nur immer beliebige Grad der Beleuchtung durch Sonnen- oder Hydrooxygengas-Licht ertheilt werden.
- β) Darum, und wegen ihrer im Vergleiche zur Entfernung vom Spiegel außerordentlichen Kleinheit, würden sie ein sehr helles und vollkommen scharf begrenztes physisches Bild dem Ocular darbieten.
- γ) Auch wäre das Gesichtsfeld hier ein viel weiteres, und es würden somit kleine sich bewegende Körper, wie Infusorien, sich nicht gleich wieder der Beobachtung entziehen; ja es könnten selbst größere Körper, z. B. Glieder des menschlichen Leibes, in ihren organischen Veränderungen mikroskopisch beobachtet werden, woraus sich vielleicht gar manche Aufschlüsse über die Natur gewisser Krankheiten, und Mittel zu ihrer Diagnose sowohl als Heilung ergeben würden u. s. w.

8) *Ein Apparat, um jede noch so geringe Abweichung eines Lichtstrahls von seiner Bahn auf das Genaueste zu messen.* ¹⁾ Die Sache beruht auf dem sehr einfachen Gedanken, daß ein Lichtstrahl QT (Fig. 9, Taf. I), der auf eine spiegelnde Cylinderfläche so auffällt, daß er sie in T entweder genau oder doch nahezu berührt, durch die geringste Ablenkung in seiner Richtung QM von derselben Fläche dergestalt reflectirt wird, daß seine neue Richtung Mm mit der ersten einen vielfältig größeren Winkel $mOT = \omega$ bildet, als der ursprüngliche Ablenkungswinkel $TQM = \varrho$ war. Ist nämlich die Entfernung $QT = a$, der Halbmesser $CT = r$, so findet sich, ϱ und ω in Secunden ausgedrückt:

1) In der letzten der „drei Abhandlungen aus dem Gebiete der Wellenlehre“ u. s. w. Prag 1846.“

$$\omega = 648000 - [2 \cdot \text{arc. sin} (\cos. \varrho - \frac{a}{r} \sin \varrho) + \varrho]$$

und wenn man $\cos \varrho$ vernachlässigen kann:

$$\omega = 2 \text{arc. cos} \left(1 - 0,0000048481 \frac{a \varrho}{r} \right) - 1.$$

Also z. B. wenn $a = 50''$, $r = 0'',5$ und der Winkel ϱ nur 0,001 Sec. beträgt, so ist $\omega = 1294$ Sec., d. h. 129400 Mal so groß als ϱ . Und wenn dieser Strahl von da auf einen zweiten spiegelnden Cylinder von derselben Größe fiel, wo aber a nur $= 12''$ wäre, so erhielte man einen Ablenkungswinkel, der ϱ schon mehr als 22 Millionen Mal überträfe. Doppler wählt nun zu seinem Melsapparat in der That zwei Cylinder A und B (Fig. 10, Taf. I) von 1 Zoll Durchmesser, beide in Nuthen beweglich, deren die eine $\alpha\alpha$ auf den Strahl QT , dessen Ablenkung gemessen werden soll, nahezu senkrecht, die andere $b\beta$ nahezu ihm gleichlaufend ist. Erst stellt man A so weit zurück, daß es vom Strahle noch nicht berührt wird, zieht den Cylinder B in seiner Nuthe gegen β zurück, und giebt der Diopter O eine solche Lage, daß der von B irgendwo in G reflectirte Strahl GH durch sie gesehen wird; worauf man den Cylinder A mittelst einer Stell- und Mikrometerschraube dem Strahle QT wieder so sehr nähert, als es nur möglich ist, ohne eine Ablenkung desselben zu bewirken. In dieser Stellung nun läßt man beide Cylinder, bis jene den Strahl QT aus seiner Lage verrückende Ursache eingewirkt, und ihn aus QT in QM versetzt hat. So klein auch der Winkel TQM seyn mag, wird doch der Winkel QRL groß genug seyn, um ihn zu messen, und rückwärts aus ihm den ersteren zu berechnen.

9) Endlich beschreibt Doppler ¹⁾ ein *Photometer oder einen Apparat zur Messung der Lichtintensitäten*, von dem er in der Folge einen höchst wichtigen Gebrauch macht. Diefes Instrument besteht aus einer matt schwarzen Platte aus Blech oder sonstigem Material ab (Fig. 11) von etwa 8 bis 12" Länge und etwa 8" Breite mit einer Querwand

1) In den „*Beiträgen zur Fixsternkunde*. Prag 1846. S. 5 u. 6.“

bei b , deren veränderliche Breite cd so verkürzt werden kann, bis der Beobachter, der das mit einer Handhabe bei h nach unten zu, und bei a durch eine sattelähnliche Vertiefung zur Aufnahme des Gesichtsvorsprungs versehene Instrument vor sich nimmt, einen entfernten Gegenstand mit beiden Augen zu sehen beginnt, und demnach mit jedem einzeln nur die Hälfte des ganzen Gesichtsfeldes übersieht. In o und o' sind Dioptern mit veränderlichen, doch genau meßbaren Aperturen angebracht. Zu diesem Zwecke schlägt Doppler vor, diese Oeffnungen nicht kreisrund, sondern rechteckig einzurichten, etwa indem man zwei über einander liegende feine Doppelplättchen so anbringt, daß sie sich mittelst Mikrometerschrauben nähern und entfernen lassen, und eine bequeme Ablesung der Seiten des Rechtecks gestatten. Bei Gegenständen, die mit freien Augen gar nicht mehr sichtbar sind, wird man statt bloßer Dioptern zwei möglichst gleiche Fernröhre anzubringen haben.

Dieses Werkzeug nun dient zur Messung der Lichtintensitäten zweier Objecte, deren das Eine durch das Eine, das andere gleichzeitig durch das andere Auge gesehen werden kann, wenn man die Aperturen so lange ändert, bis beide Objecte einen ganz gleichen Eindruck auf das Auge machen, wo dann begreiflich aus der Verschiedenheit der dazu nöthigen Aperturen auf die verschiedene Intensität des Lichts der Objecte geschlossen werden kann. Wie man sich zu helfen habe, wenn die Empfindlichkeit der Augen für das Licht ungleich ist, muß man bei dem Verf. selbst nachlesen. ¹⁾

- 1) Nebst den hier aufgezählten hat Doppler's fruchtbares Talent noch mehrere andere Maschinen und Apparate erdacht, die theils schon in der Wirklichkeit ausgeführt, ihre Brauchbarkeit erprobten, theils in Modellen oder nur in Beschreibungen dem Gutachten der Prager K. Gesellschaft der Wissensch. vorgelegt wurden, ohne dem größeren Publico bisher noch bekannt geworden zu seyn. Ich will nur einige hievon nennen. Ein *Gesichtswinkelmesser* (Ommato-gonio-meter) mißt mit der größten Schnelligkeit den Gesichtswinkel, unter welchem sich ein Paar Objecte unserem Auge dargeboten haben; eine *Kniehebel-* und eine *Hebladen-Press*e von eigenthümlichen Baue; davon die erste be-

II. Zur Akustik, Optik und allgemeinen Wellenlehre.

1) Die sehr einleuchtende Wahrheit der allgemeinen Wellenlehre, auf welche Doppler zuerst aufmerksam machte ¹⁾, daß nämlich die Einwirkung, die ein in Wellenbewegung begriffenes Mittel, auf einen diese Wellen auffangenden Gegenstand ausübt, eine Veränderung erfahren müsse, wenn dieser Gegenstand selbst, oder das Mittel oder das die Wellen erregende Object ihre gegenseitige Stellung mit einer Geschwindigkeit ändern, die nicht ganz unbedeutend ist im Vergleiche zu dem bei dieser Wellenbewegung stattfindenden Geschwindigkeiten, — ist zu viel umfassend und zu fruchtbar in ihren Anwendungen, als daß sie durch das Wenige, was Doppler darüber in jener Abhandlung, oder in seinen Bemerkungen dazu ²⁾ gesagt, hätte erschöpft werden können. Wieder nur einige besondere Fälle also jetzt zunächst in Beziehung auf den Schall, betrachtet Doppler unter der Ueberschrift: *Methode, die Geschwindigkeit, mit der die Luftmolekel beim Schalle schwingen, zu bestimmen.* ³⁾ Eine Locomotive Q fährt auf geradliniger Bahn von B über A gegen C (Fig. 12, Taf. I). An dem Orte A , wo die Maschine bereits eine gleichförmige Geschwindigkeit $=a$ erreicht hat, steht ein Beobachter, der aufmerkt, an welcher Stelle Q der Ton eines mit der Maschine selbst forteilenden Toninstruments einen ganz gleichen Eindruck auf sein Ohr macht, wie der Ton eines in A aufgestellten, das jenem ganz gleich tönt.

reits im Großen ausgeführt in einer Fabrik den gehegten Erwartungen bestens entspricht; ein Instrument zur Construction der *Eisenbahncurven*; ein Mikroskop, bei welchem der Gegenstand, so nahe er auch der stärkeren Vergrößerung wegen an das Objectivglas herangerückt werde, dennoch *von oben herab* so intensiv, als man nur immer wünscht, beleuchtet werden kann; u. a.

1) In der Abhandlung: „*Ueber das farbige Licht* u. s. w.“

2) In diesen Annalen, Bd. LXVIII, S. 1 bis 35.

3) In der ersten v. d. „*drei Abh. a. d. Gebiete der Wellenlehre* u. s. w.“

Bezeichnen wir durch V die Geschwindigkeit, welche die durch das Instrument in Schwingung versetzten Lufttheilchen in der zur Einheit angenommenen Entfernung von demselben im Punkte ihrer ursprünglichen Ruhelage (wo jene Geschwindigkeit am größten ist) erreichen, und die Entfernung BA durch L , so ist die Intensität des Schalles, den das in B ruhende Instrument in A haben muß, $I = \mu \frac{V^2}{L^2}$ und die des Instruments in Q , wenn die Entfernung in $QA = l$, in eben diesem Orte A , $I' = \mu \frac{(V - a)^2}{L^2}$, wo μ einen constanten Factor bezeichnet. Wenn also I und I' einander gleich sind, findet sich $V = \frac{aL}{L - l}$.

Ich übergehe das Uebrige, zumal sich voraussetzen läßt, der Leser werde die Möglichkeit der Lösung auch der letzten Aufgabe in dieser Abhandlung von selbst schon begreifen: auf welche Weise nämlich ein Blinder, der nichts anderes, als die bald steigenden, bald niederfallenden Intensitäten eines in einer Ellipse mit gegebener Geschwindigkeit sich fortbewegenden Toninstruments beobachtet, die Elemente dieser Ellipse zu bestimmen vermöchte. Jedem fällt ein, auf welche ähnliche Aufgabe in der Astronomie diefs deute.

2) Eine andere, von Doppler zuerst zur Sprache gebrachte ¹⁾ Wahrheit lautet, daß jeder Wellenstrahl, der in ein *rotirendes Medium* einfällt, während der Zeit seiner Bewegung durch dasselbe, nebst der bei seinem Ein- und Austritte etwa stattfindenden *gewöhnlichen* Brechung noch eine eigene Ablenkung erleide, welche zunächst nur *in der Rotation des Mediums* begründet ist, und um so bedeutender wird,

a) je größer die Winkelgeschwindigkeit dieser Rotation,

1) In der Abhandlung: „*Ueber eine bei jeder Rotation des Fortpflanzungsmittels eintretende Ablenkung der Licht- und Schallstrahlen u. s. w.*“ Prag 1844.“

b) je länger der Weg, welchen der Strahl in dem Medio durchläuft, und

c) je geringer die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Strahles in diesem Medio ist.

Doppler nennt diese Ablenkung die *rotatorische*, und es ist offenbar, daß der Ablenkungswinkel ϱ , wenn die Länge des Weges in dem Mittel in Meilen $=d$, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit darin gleichfalls in Meilen $=a$, und die Umdrehungszeit des Mediums in Secunden $=t$ ist:

$$\varrho = \frac{1296000}{t} \cdot \frac{d}{a}$$

sey.

3) Ist der in Rede stehende Wellenstrahl von einer so *zusammengesetzten* Natur, wie das Licht, d. h. besteht er aus Strahlen, die eine verschiedene *Fortpflanzungsgeschwindigkeit* haben, so begreift man leicht, ') daß diese rotatorische Ablenkung auch eine *Zerstreuung* jener verschiedenartigen Strahlen zur Folge haben müsse. Es ist nämlich, wenn α und α' die beziehungsweisen Fortpflanzungsgeschwindigkeiten zweier sich durch dasselbe Mittel bewegenden Strahlen sind, der Unterschied ihrer Ablenkungswinkel oder die Dispersion $P = \frac{1296000}{t} \left(\frac{\alpha - \alpha'}{\alpha \alpha'} \right) d$.

Doppler bemerkt, daß durch bloße rotatorische Ablenkung zuweilen sogar eine Reflexion in sich selbst; in anderen Fällen eine Dispersion *nach allen Richtungen* hervorgebracht werden könne; daß parallele Strahlen nach ihrem Austritte durch bloße rotatorische Brechung divergent werden, daß endlich selbst *Interferenzphänomene* zum Vorschein kommen können, u. m. A.

4) Besonders wichtig ist die Anwendung, die Doppler von diesen Lehren zu einer entscheidenden *Prüfung der neueren Undulationslehre* beibringt. Es seyen etliche, etwa fünf gläserne und eben so viele spiegelmetallene Cylinder von ungefähr 2" Durchmesser so zusammengestellt, daß ein homogener Lichtstrahl, den man in möglichst cen-

1) S. d. zweite der schon erwähnten „drei Abhandlungen u. s. w.“

traler Richtung auf den ersten gläsernen Cylinder leitet, bei ruhendem Mechanismus nach seinem Austritte möglichst tangentiell auf einem nicht allzu nahen fixen Metallcylinder auffällt, von welchem reflectirt, er den zweiten Glas-cylinder abermals möglichst diametral trifft u. s. w. Hinter dem letzten Spiegelcylinder befinde sich eine Diopter, die so fixirt wird, daß bei unbewegtem Mechanismus das Auge den Lichtstrahl wahrnimmt. Setzt man hierauf die Glas-cylinder in Bewegung, so muß, wenn diese auch noch lange nicht so schnell ist, als die zu einem ähnlichen Zwecke von Hrn. Dr. Ballot ¹⁾ verlangte, der Strahl verschwinden, und eine andere Stellung für die Diopter aufgesucht werden. Aus dieser Ortsveränderung der Diopter läßt sich nun auf die bei dem Strahle stattgefundene rotatorische Brechung schließen. Und stellt man solche Versuche mit den verschiedenfarbigen Lichtstrahlen an, so muß es sich zeigen, ob diesen eine ungleiche Fortpflanzungsgeschwindigkeit zukomme, wie es die neue Undulationslehre will, oder nicht.

5) Noch eine bisher unbeachtet gebliebene Veränderung in den Wellenstrahlen muß nach Doppler's gewiß begründeter Bemerkung eintreten, unmittelbar an der Stelle, *wo zwei Fortpflanzungsmedien, selbst zwei ganz gleichartige, aneinandergränzen*, oder wo auch nur Ein solches Medium an *einen Körper mit reflectirender Oberfläche gränzt*, so oft sich beide in einer relativen Bewegung (von hinlänglicher Geschwindigkeit) gegen einander befinden. Diese Veränderung, wiefern sie (was der gewöhnlichste Fall seyn muß) auch auf die Richtung des Strahles sich erstreckt, und bald in einer Brechung, bald in einer völligen Reflexion desselben besteht, nennt Doppler die *motorische Brechung* oder *Reflexion*; begnügt sich jedoch ²⁾ nur die einfachsten hier möglichen Fälle in Betracht zu ziehen, indem

1) In diesen Annalen, Bd. 66, S. 321.

2) In der letzten der „*drei Abhandlungen a. d. Gebiete der Wellenlehre* u. s. w.“

dem er das Medium, aus dem ~~der~~ Wellenstrahl herkommt, als *ruhend*, und den angränzenden Körper, der entweder ein gleichartiges Medium oder ein reflectirender ist, in einer bloß *geradlinigen* Bewegung annimmt. Hier nun glaubt er *beim Schalle*, wo es geständlich nur longitudinale Schwingungen giebt, mit aller Zuversicht behaupten zu dürfen, daß ein Schallstrahl, der aus einer ruhenden Luftschicht an eine bewegte (sey es auch übrigens völlig gleichartige), in senkrechter Richtung anlangt, hier nicht in derselben, sondern in derjenigen Richtung fortschreiten werde, welche die aus seiner bisherigen Geschwindigkeit und der des neuen Mediums hervorgehende Resultante angiebt. Unter dieser Geschwindigkeit des Schallstrahles will er jedoch hier nicht seine *Fortpflanzungs-* sondern seine *Schwingungsgeschwindigkeit*, nämlich diejenige verstanden wissen, welche die Luftmolecule in ihren anfänglichen Ruhelagen haben. — Fällt aber der Schallstrahl auf eine *reflectirende* Oberfläche, so wird in ähnlicher Weise behauptet, daß seine Reflexion nicht in sich selbst, sondern in derjenigen Richtung erfolgen werde, welche wir durch Zusammensetzung seiner entgegengesetzten Bewegung mit der des reflectirenden Körpers erhalten. Doppler trägt auf Versuche an, durch welche dieß Alles auf einer Eisenbahn erprobt werden könne, und meint, daß wir auf diese Art auch einen Aufschluß auf die Molecularbewegung der Lufttheilchen, wohl gar auf ihren Abstand von einander, gewinnen. Aehnliche motorische Ablenkungen, meint er, müssen auch *bei dem Lichte* stattfinden; obgleich er das wegen der eigenthümlichen Ansicht, welche so manche Vertheidiger der Undulationstheorie über die *Lateralschwingungen* des Lichts aufgestellt haben, nicht mit gleicher Zuversicht zu behaupten wagt. Um aber hierüber zu einer Entscheidung, und dadurch auch zu klareren Begriffen über die Natur des Lichts zu gelangen, verweist er auf den Weg der Beobachtung; und es ist in der That kaum zu bezweifeln, daß durch den I., 8) beschriebenen Apparat ein Mittel dargeboten sey,

das Vorhandenseyn einer motorischen Ablenkung beim Lichte, wäre sie auch noch so gering, wahrzunehmen ¹⁾).

6) Wenn wir unter der *Optik*, wie es ihr Name sogar erheischt, nicht eine bloße Lehre vom *Lichte*, sondern auch vom *Sehen* selbst verstehen, so gehört auch folgende Entdeckung Doppler's ²⁾ recht eigentlich zur *Optik*. Jeder Gegenstand, dessen auf die in unserem Auge befindliche Netzhaut entworfenen Bild so klein ausfällt, daß es nur eine einzige ihrer Papillen einnimmt, wird eben deshalb von uns als etwas Einfaches, daran wir keine Mehrheit der Theile, und darum auch keine Umgränzung und Gestalt unterscheiden, wahrgenommen. Zu dieser Entdeckung (welche ganz analog mit einer anderen Beobachtung ist, nach der auch unser *Tastsinn* an eine ähnliche Gränze gewiesen ist; indem wir nur dann das Gefühl von zwei auf uns einwirkenden Gegenständen erlangen, wenn zwei verschiedene Papillen unserer Gefühlsnerven gleichzeitig angegriffen werden) gelangte Doppler durch eine sehr einfache Vergleichung. Es war ihm nämlich von der einen Seite bekannt, daß man den *kleinsten Gesichtswinkel*, unter dem unser Auge ein Object nur noch als einen untheilbaren Punkt erblickt, auf ungefähr 40 Sec. schätze; und von der anderen Seite wußte er, daß der Durchmesser einer Ner-

1) In einer noch ungedruckten Abhandlung, die jedoch schon am 18. Juni 1846 in einer Sitzung der physikalisch-mathematischen Section der Prager Gesellschaft der Wissenschaften vorgelesen wurde, hat Doppler auch schon die Erfolge betrachtet, welche zum Vorschein kommen, wenn zwar die Quelle der Wellenbewegung und der Beobachter ruhen, aber das Fortpflanzungsmittel sich bewegt, oder auch das gerade Gegentheil statt hat. Offenbar sind diese Voraussetzungen, welche nicht nur *beim Schalle* wenn er vom Winde fortgetragen wird, ingleichen bei den Wellenbewegungen des *Wassers* und anderen tropfbaren Flüssigkeiten gar oft vorkommen; sondern die auch beim *Lichte* im Weltraume, wenn einzelne Parthien des Aethers oft mit namhafter Geschwindigkeit sich fortbewegen, eintreten müssen. Die gefundenen Ergebnisse sind äußerst merkwürdig, und erklären manche bisher schon wahrgenommene Erscheinung.

2) In den „*Beiträgen zur Fixsternkunde*.“

venpapille der Retina nur etwa $\frac{1}{8000}$ Par. Zoll betrage. Indem er nun berechnete wie groß der Bogen sey, den zwei aus dem Mittelpunkte der Krystalllinse unter einem Winkel von 40 Sec. gezogene Halbmesser an der Retina einschließen, fand sich der eben erwähnte Durchmesser einer Papille.

7) Diese rein physikalische Entdeckung veranlaßt Doppler zu sagen, *dass die jodirte Daguerre'sche Platte eine beträchtlich größere Empfindlichkeit für das Licht äußere, als unser menschliches Auge*; womit er freilich nichts Anderes meint, als dass diese Platte Lichteindrücke aufnehme von Gegenständen, die, von der Platte aus betrachtet, sich unter einem bedeutend kleineren Gesichtswinkel als 40 Sec. sind, darstellen müßten. Er schließt dies, weil die feinen Quecksilberkügelchen, welche die Einwirkung des Lichts auf der Platte niederschlägt, einen viel kleineren Durchmesser als $\frac{1}{8000}$ Zoll haben ¹⁾. Dieser Umstand nun läßt sich, wie Doppler zeigt, zur *Vervollkommenung unserer Sehkunst*, namentlich zur Beobachtung solcher Objecte benutzen, die ihrer Entfernung wegen unter einem Gesichtswinkel $< 40''$ erscheinen. Richten wir nämlich auf einen solchen Gegenstand ein Fernrohr, und schieben an der Stelle, wo sich das Bild des Objects erzeugt, eine jodirte Silberplatte ein, so wird sich auf dieser ein aus kleinen Quecksilberkügelchen zusammengesetztes Bild jenes Gegenstandes entwerfen. Und da diese Kügelchen eine sehr starke Beleuchtung vertragen und ein sehr starkes Reflexionsvermögen besitzen, so wird es möglich seyn mit einem guten Mi-

1) Ich erlaube mir zu bemerken, dass neuere Versuche, die Hr. Corda in Gegenwart Mehrer angestellt hat, dasjenige, was Doppler über diesen Gegenstand a. a. O., S. 18, sagt, näher dahin berichtigt haben, dass die größten, in dem dunkeln Theile eines Daguerrotyp-Bildes befindlichen Quecksilberkügelchen bereits bei einer $1\frac{1}{2}$ maligen Vergrößerung wahrgenommen werden, dass es dagegen in den mattweißen Parthien des Bildes auch so kleine giebt, dass erst eine 690malige Vergrößerung sie als untheilbare Punkte erblicken läßt. Versuchte Messungen gaben für die größten den Durchmesser von 0,000080, für die kleinsten aber kaum 0,000015 Par. Zoll.

kroskop dieß Bild noch wahrzunehmen; ja seiner Größe nach zu messen, wenn der Gesichtswinkel desselben auch bedeutend $< 40''$ ist. Gewährt z. B. das Objectivglas des Fernrohrs für sich allein auch nur eine 14malige, das Mikroskop aber eine 1200malige Vergrößerung; so wird der Gegenstand noch gesehen und gemessen werden können, wenn der Gesichtswinkel auch nur $\frac{1}{100}$ Sec. beträgt.

8) Wie bei dem Schalle (in II., 1)) lehrt Doppler uns auch beim *Lichte die Geschwindigkeit*, mit der die Aethertheilchen in unserer Nähe schwingen, berechnen; nämlich durch die Veränderung in der Intensität des Lichts, welches derselbe leuchtende Gegenstand, z. B. ein Stern, uns zusendet, wenn wir bei ziemlich gleicher Entfernung einmal uns ihm entgegen, einmal uns von ihm wegbewegen mit einer Geschwindigkeit, welche mit der zu berechnenden in einigen Vergleich kommt. Zur Messung der beiden Lichtintensitäten bedient man sich des I., 9) beschriebenen Apparats, und wählt absichtlich Sterne, deren Licht sehr schwach und dem Erlöschen nahe ist; wo sich erwarten läßt, daß der Geschwindigkeitsunterschied in der Bewegung unserer Erde zu oder ab (etwa 9 Meilen in der Sec.) eine nicht unbedeutliche Veränderung in der Intensität erzeugen werde. Je nachdem nun die Hypothese der *longitudinalen* oder jene der *lateralen* Schwingungen die wahre ist, wird sich entweder in den *Quadraturen* oder in der *Conjunction* und *Opposition* der stärkste Lichtunterschied ergeben; und man wird also nebst der gesuchten Schwingungsgeschwindigkeit des Lichts

9) auch in Erfahrung bringen, welche von jenen beiden Hypothesen die richtige sey.

10) Aus der bekannten Schwingungsgeschwindigkeit endlich wird sich nach einer bekannten Formel auch die Größe der *Excursion* der Aethermolecule bestimmen lassen.

III. Zur optischen Astronomie.

Diese Benennung erlaubt sich Doppler demjenigen Theile der Astronomie zu geben, zu dessen Kenntniß uns

blofs durch Anwendung der ehemals nicht beachteten *optischen Lehrsätze* ein Weg gebahnt wird. Wie umfangreich dieser Theil mit der Zeit zu werden Hoffnung giebt, und wie viele bisher für unmöglich gehaltene Entdeckungen über die Natur, Gröfse und Entfernung der Himmelskörper durch die Mittel, auf deren Gebrauch uns Doppler nur bisher aufmerksam gemacht hat, in Aussicht gestellt werden, ist in der That überraschend.

1) Blofs der Gedanke *der rotatorischen Ablenkung eines Lichtstrahls* ¹⁾, wie vielfältig läfst er sich nicht zur Erweiterung unserer Himmelskunde benutzen!

a) Bei den Bedeckungen der Fixsterne durch die *Planeten*, besonders durch *Jupiter*, muß durch die Atmosphäre derselben eine bald gröfsere, bald geringere rotatorische Ablenkung bewirkt werden, die bei dem letztgenannten wohl bis auf 26 Raumsecunden anwachsen dürfte, somit auch der Beobachtung zugänglich seyn, und durch ihre Gröfse aus einen Rückschlufs auf die Gröfse und Rotationsgeschwindigkeit seiner Atmosphäre erlauben wird.

b) Eine ähnliche Ablenkung muß bei den *Verfinsterungen* der *Monde* durch ihre Hauptplaneten stattfinden, und kann, z. B. bei dem *vierten Jupitermonde*, einen Unterschied von einer *halben Minute* Zeit in seinem Verschwinden oder Wiedererscheinen zur Folge haben.

c) Die Frage, ob das *Zodiacallicht* nur ein Theil der Sonnenatmosphäre sey, wird sich entscheiden lassen, wenn wir beobachten, ob der Distanzunterschied zweier Sterne, davon bald nur der Eine, bald Beide auferhalb dieses Lichtes erscheinen, in angemessener Weise sich ändere oder nicht.

d) Bei den Beobachtungen der Fixsterne und Planeten durch den *Schweif eines Kometen*, zumal um die Zeit seines Periheliums, muß sich eine grofse Ablenkung zeigen; bei dem im J. 1843 mußte sie $\frac{1}{3}$ Grad betragen.

1) S. d. Abl. „*Ueber eine bei jeder Rotation eintretende Ablenkung u. s. w.*“

e) Auch die höchst schwierige Frage, ob ein gegebener *Nebelfleck* eine rotatorische Bewegung habe, und von welcher Winkelgeschwindigkeit sie sey, wird sich, wie der Verf. zeigt, durch die Beobachtung der eigenthümlichen Ablenkung, welche das Licht eines nahen Fixsternes durch ihn erleidet, zuweilen beantworten lassen.

f) Auch die Höhe unserer *Erdatmosphäre* liesse sich durch Vergleichung der rotatorischen Ablenkung am Horizont und im Zenith bestimmen u. m. A.

2) Aus der von ihm zuerst aufgestellten *rotatorischen Ablenkung der Wellen* wagt es, obgleich nur schüchtern, Doppler ¹⁾ das *Aberrationsphänomen* zu erklären, wenn anders vorausgesetzt werden darf, daß eine solche Ablenkung beim Lichte stattfindet.

3) Ein Problem, zu dessen Lösung wir bis jetzt gar keine Aussicht gehabt, war unstreitig die Bestimmung der Entfernungen und der wahren, ja auch nur der sogenannten scheinbaren Gröfsen, d. h. der Gesichtswinkel, auch nur der nächsten, geschweige denn der entferntesten Fixsterne. Unser Gelehrte eröffnet uns einen doppelten Weg zu diesem nie gehofften Ziele. Der Eine brauchbar in dem fast von allen Anhängern der Undulationstheorie vorausgesetzten Falle, daß in freiem Aether gar keine Absorption des Lichts statt habe, der andere, sofern das Gegentheil gilt. Beide beruhen jedoch auf einer im Anfange unvermeidlichen *Voraussetzung*, daß der grofse Unterschied, den wir in dem Lichtglanze der Fixsterne gewahren, nur von ihrer verschiedenen Entfernung oder Gröfse, keineswegs aber von einer wesentlichen Verschiedenheit der Leuchtkraft der Theilchen an ihren Oberflächen selbst herrühre; eine Voraussetzung, die in der That um so annehmbarer ist, je wahrscheinlicher es ist, daß diese Körper alle einen nahezu gleichen Ursprung und ihr Leuchten eine allen gemeinschaftliche Ursache habe.

1) Siehe „*Drei Abhandlungen aus dem Gebiete der Wellenlehre u. s. w.*“, S. 27.

a) Erleidet das Licht bei seinem Fortgange im Weltraume keine Absorption, so vermindert sich die Lichtintensität eines sich uns als ausgedehnt darbietenden Körpers durch keine Entfernung, indem die Leuchtkraft jedes Punktes zwar verkehrt, wie das Quadrat der Entfernung, abnimmt, allein in eben diesem Verhältnisse auch die scheinbare Gröfse des Körpers abnimmt. Ist er uns aber schon so weit entrückt, dafs er blofs als ein unausgedehnter Punkt erscheint, d. h. (II., 6)) ist sein Gesichtswinkel kleiner als $40''$ geworden: dann mufs seine Lichtintensität nur eben im verkehrten quadratischen Verhältnisse seiner Entfernung abnehmen.

α) Vergleichen wir nun mit dem I., 9) beschriebenen Intensitätsmesser zwei Sterne, deren Gesichtswinkel φ und $\varphi' < 40''$ sind, und sind die Ocularaperturen, bei denen uns beide von gleicher Intensität erscheinen, p und p' , so mufs

$$\varphi : \varphi' = p' : p$$

seyn. Wir werden somit durch wiederholte Anwendung dieses Verfahrens in den Stand gesetzt, nach und nach die Gesichtswinkel aller Sterne wenigstens im *Verhältnisse* unter einander kennen zu lernen, und würden somit diese auch in ihrem Bogenmaafse bestimmen können, wenn wir das Bogenmaafs nur eines einzigen derselben, z. B. des Sirius, erführen.

β) Um zu diesem Ziele zu gelangen, hat der Verf. den sinnreichen Einfall, mit einer oder auch mit beiden Dioptern des Photometers eine Röhre von wenigstens 10' Länge zu verbinden, welche an ihrem vorderen Ende mit einer metallenen Platte geschlossen ist, in der nur eine sehr kleine kreisrunde Oeffnung von etwa Einem Duodecimalpunkte angebracht ist. Richtet man diesen Apparat mit Einer seiner Röhren nach der Sonne, so übersieht man nur einen so kleinen Theil ihrer Scheibe, dafs dieser ganz das Aussehen eines strahlenden Sternes hat; und beliebigenfalls

auch von diesen Strahlen befreit werden kann, wenn man die Oeffnung mit venetianischem Terpenthin ausfüllt. Verschafft man sich jetzt noch eine Lichtquelle, die sich bei Tag und bei Nacht in ganz gleicher Weise erzeugen läßt, und vergleicht man diese Lichtquelle einmal mit der Sonne, ein andermal mit einem Sterne, z. B. Sirius, so hat man, wenn die Gesichtswinkel bei Sonne und Sirius φ und φ' , die Aperturen p und p' sind; der Gesichtswinkel bei der Lichtquelle φ_1 und die Apertur, um sie der Sonne gleich zu machen, p_1 , um sie dem Sirius gleich zu machen, p_1 ist:

$$\begin{aligned}\varphi_1 : \varphi &= p : p_1 \\ \varphi_1 : \varphi' &= p' : p_1\end{aligned}$$

und somit:

$$\varphi' = \frac{p p_1}{p_1 p'} \cdot \varphi.$$

Da man nun φ aus der bekannten Länge der Röhre und dem Durchmesser der Oeffnung berechnen kann, so findet sich der Gesichtswinkel des Sirius, und dadurch auch der eines jeden anderen Sternes.

- γ) Um nun zu einer Bestimmung der *absoluten Entfernungen* zu gelangen, erinnert der Verf. ¹⁾, daß wir (nach II., 8)) wenigstens bei sehr vielen Sternen im Stande sind zu bestimmen, mit welcher Geschwindigkeit $=v''$ ihr Licht in der Nähe unseres Auges schwinde. Wissen wir also von einem solchen Sterne zugleich, daß er sich zu gewissen Zeiten mit einer bekannten Geschwindigkeit, welche das eine Mal $=a$, das andere Mal $=a'$ ist, gegen uns bewege, und beobachten wir die Veränderung, welche durch diese Bewegungen in seiner Lichtintensität entsteht, indem wir die Aperturen, die ihn in gleichem Lichte zeigen, p und p' messen, so findet sich, wenn seine in beiden Fällen nicht merklich unterschiedene Entfernung L heißt:

1) *Beiträge zur Fixsternkunde*, S. 26.

$$L = \frac{a' p' - a p}{(p - p') v''}.$$

Ich gestehe offen, daß mir diese Methode, L zu berechnen, von einer sehr beschränkten Anwendbarkeit scheint, weil wir doch nur in den seltensten Fällen die Geschwindigkeiten a und a' zu bestimmen im Stande seyn dürften. Haben wir übrigens L , so ist es freilich leicht, aus L und dem Gesichtswinkel φ die absolute GröÙe des Sterns, d. h. den Durchmesser $D = L\varphi$ zu berechnen.

b) Glücklicherweise ist aber die hier zu Grunde liegende Voraussetzung, daß sich das Licht durch den ganzen Weltraum hin ungeschwächt verbreite, selbst nicht sehr wahrscheinlich, und der entgegengesetzte Fall, wenn eine Absorption, und zwar eine in gleichen Weiten ziemlich gleiche Absorption besteht, bietet ein Mittel von viel allgemeinerer Anwendung dar, die verschiedenen Entfernungen der Sterne gerade aus der verschiedenen, bei ihnen stattgefundenen *Lichtschwächung* selbst zu bestimmen. In diesem Falle giebt nämlich die in (a, α) vorgeschriebene Methode den Gesichtswinkel φ stets etwas kleiner an, als er in Wirklichkeit ist, und der Unterschied zwischen dem wahren $= \psi$ und dem nach dieser Art berechneten $= \varphi$ ist um so größer, je entfernter der Stern ist. Legen wir aber die uns irgend woher schon bekannte Entfernung eines der nächsten Fixsterne als Einheit zur Messung anderer Entfernungen zu Grunde, und bezeichnen wir den Theil des Lichts, der auf jenem der Einheit gleichen Wege absorbiert wird, durch μ , so daß der übrigbleibende Theil $1 - \mu$ ist, so bleibt auf einem Wege, der λ Mal so lang ist, nur der Theil $(1 - \mu)^\lambda$, und es besteht die Gleichung:

$$\varphi = (1 - \mu)^\lambda \cdot \psi.$$

Besäßen wir also ein Mittel, wodurch sich die wahren Gesichtswinkel ψ bei allen Sternen, ganz unabhängig davon, ob es eine Absorption des Lichts giebt oder nicht, ausmessen lassen, so könnten wir bloß

dadurch, daß wir φ durch das Photometer bestimmen, die Entfernung λ und dann aus ψ und λ auch die Durchmesser aller Sterne berechnen, wenn wir nur erst noch μ durch jenen einen, dessen Entfernung zur Einheit angenommen wird, vermittelt der

für ihn stattfindenden Gleichung $\mu = 1 - \frac{\varphi}{\psi}$ bestimmen.

Ein solches Mittel aber bietet uns Doppler's II, 7) beschriebenes Verfahren dar, durch welches wir uns daguerreotypische Bilder von jedem beliebigen Sterne verschaffen können, die — wenn sie auch wegen der Umdrehung der Erde in die Länge verzogen seyn sollten, durch ihre Breite jedenfalls uns einen leichten Schluß auf den wahren Gesichtswinkel des Sternes gestatten, da eine Lichtabsorption das Bild wohl matter machen, aber nicht seine Dimensionen verändern kann, wenn anders nicht etwa auf der daguerre'schen Platte eine Art Irradiation, ähnlich der auf der Retina des Auges, stattfindet, was wenigstens noch Niemand beobachtet hat ¹⁾).

4) Man begreift von selbst, wie sich durch dieses Verfahren auch entscheiden liefse, ob in dem durch den Welt-raum verbreiteten Aether *eine Lichtschwächung wirklich bestehe oder nicht*. Fände sich nämlich für den Gesichtswinkel eines Sternes immer der gleiche Werth, man mag denselben nach $2, \alpha, \beta$ oder nach $2, b, \beta$ bestimmen, so wäre das Vorhandenseyn des letzteren Falles erwiesen.

5) Haben wir einmal nach II., 8) die Geschwindigkeit $=v$ berechnet, mit der die Aethermolecule bei dem von irgend einem Sterne in unser Auge gelangenden Lichte schwingen, und kennen wir bei diesem Sterne zugleich dessen Entfernung und Gröfse, oder nur dessen Gesichtswinkel ψ , so ergiebt sich hieraus auch die Geschwindigkeit v ,

1) Mir dünkt eine solche Irradiation gleichwohl aus chemischem Grunde sehr wahrscheinlich; doch meine ich, daß es durch Doppler's Photometer möglich seyn sollte auch sie zu bestimmen und in Rechnung zu bringen.

mit der die Aethermolecule eben dieses Lichtes in der Entfernung $= 1$ von ihrer Lichtquelle schwingen, weil $v = \frac{v''}{\psi}$ ist. Zeigte es sich, daß dieses v in der That für alle Himmelskörper einen gleichen Werth hat, so wäre die Rechtmäßigkeit der gleich im Anfange No. 3 gemachten Voraussetzung einer gleichen Leuchtkraft der oberflächlichen Theilchen bei allen Sternen factisch erwiesen. Stellte sich aber ein Unterschied heraus, so erachtet man leicht, wie dieser zur Correction der ohne seine Berücksichtigung gefundenen Werthe von L und D benutzt werden könnte, und Anlaß zu einer Menge neuer Untersuchungen gäbe.

Und so wäre denn jetzt vollauf zu thun für alle Physiker und Astronomen! Jedem, der Muße hat, wäre Gelegenheit geboten zu sehr verdienstlicher Beschäftigung, zu Versuchen und Beobachtungen, die, wie immer sie ausfallen mögen, die Wissenschaft fördern, und deshalb auch einer dankbaren Anerkennung entgegen sehen dürften. Was Dopplern selbst belangt, so fühle ich mich schließlicb verpflichtet zu bemerken, daß er gar nicht zu Denjenigen gehört, welche sich von dem Erfolge ihrer Erfindungen allzu sanguinische Hoffnungen machen, daß er die Einwürfe und die Schwierigkeiten, die der Ausführung seiner Vorschläge entgegenstehen, größtentheils sehr wohl kenne, auch in den Abhandlungen ihrer erwähnt und manche auf sehr befriedigende Art gehoben hat, wovon ich begreiflicherweise, um nicht weitläufig zu werden, hier nichts mittheilen konnte.

IV. *Ueber das goldhaltige Glas; von Heinrich Rose.*

Wir verdanken Splittgerber ¹⁾ eine Reihe von interessanten Versuchen über die merkwürdige Eigenschaft des weissen goldhaltigen Glases, beim Anwärmen, oder bei der Temperatur des anfangenden schwachen Glühens schön rubinroth zu werden, ohne seine Durchsichtigkeit zu verlieren. Er fand, daß der Erfolg nicht nur beim Zutritt der Luft, sondern auch eben so gut in Sauerstoffgas wie in Wasserstoffgas vor sich geht, und selbst auch in verschlossenen Tiegeln in Sand, Kohlenstaub oder in Zinnoxid gepackt stattfindet. Erhitzt man das rothe Goldglas stärker, so wird es leberbraun, und undurchsichtig oder wenigstens minder durchsichtig.

Es gelang Splittgerber das rothe Glas nur auf die Weise wieder farblos zu erhalten, daß er es in kleinen Stückchen vor dem Sauerstoffgebläse schmolz. Dieses farblos gewordene Glas konnte er wiederum durch neues Anwärmen rubinroth färben.

Ich kann die Resultate dieser Versuche durch eigene bestätigen, welche ich mit einem farblosen Goldglase angestellt habe, das auf der dem Grafen Schaffgotsch gehörigen Josephinen-Hütte bei Warmbrunn in Schlesien bereitet worden war, und das ich der Gefälligkeit des Hrn. Pohl, des Directors dieser Hütte verdanke. Es hatte eine nur etwas abweichende Zusammensetzung wie die des Glases, dessen sich Splittgerber bedient hatte. Es enhielt kein Zinnoxid. Bei seiner Bereitung waren die Materialien in folgendem Verhältnisse angewandt worden:

46	Pfund	Quarz
12	-	Borax
12	-	Salpeter
1	-	Mennige
1	-	weisses Arsenik.

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 61, S. 144.

Das Ganze war mit einer Auflösung von 8 Ducaten in Königswasser befeuchtet und darauf geschmolzen worden.

Das Glas wurde rubinroth nicht nur, wenn es in der atmosphärischen Luft, sondern auch in einer Atmosphäre von Sauerstoffgas und Kohlensäuregas erhitzt wurde. Die Versuche wurden auf die Weise angestellt, daß das farblose Glas, in Röhren von schwer schmelzbarem Glase gelegt, zwischen Kohlen stark erwärmt wurde, während ich die genannten Gasarten darüber leitete. Wurde Wasserstoffgas angewandt, so wurde das Glas nur schwach röthlich und grau gefärbt, offenbar wohl dadurch, daß das Bleioxyd in demselben reducirt wurde.

Wurde das rothe Glas einer größeren Hitze ausgesetzt, bei welcher es anfang etwas weich zu werden, so wurde es an diesen Stellen leberfarben. Es gelang mir dieß auf die Weise am besten, daß ich das Glas einer Weingeistflamme aussetzte, durch welche ein Strom von Sauerstoffgas geleitet wurde.

Der Flamme des Knallgasgebläses ausgesetzt, schmolz das rothe Glas zu farblosen Tropfen, wie dieß auch schon Splittgerber bemerkt hat. Es gelang mir indessen nicht, wie ihm, diesem farblosen Glase durch Erwärmen die rubinrothe Farbe wieder mitzutheilen.

Splittgerber ist der Meinung, daß das farblose Goldglas ein Silicat des Goldoxyds enthält, das beim Erhitzen in Goldoxydul verwandelt wird, durch dessen stark tingirende Kraft, selbst bei einer geringen Menge, eine dunkle Farbe hervorgebracht werden kann. Er äußert diese Meinung, ohne einen besonderen Werth auf sie zu legen, und ohne sie durch einen quantitativen Versuch zu unterstützen, der bei der äußerst geringen Menge des Goldes im Glase in keinem Falle auch ein entscheidendes Resultat hätte geben können.

Da wir das Goldoxyd weder auf nassem Wege, noch weniger auf trockenem Wege mit Säuren verbinden können ¹⁾,

1) Von allen Sauerstoffsäuren löst die Essigsäure das Goldoxyd in der größten Menge auf; aber auch in dieser Auflösung ist das Goldoxyd sehr lose mit der Säure verbunden.

und wir eigentlich gar keine salzartige Verbindungen derselben weder in Auflösungen noch in fester Form kennen, so ist es nicht sehr wahrscheinlich, daß es ein Silicat des Goldoxyds gebe, zumal eins, das bei einer sehr hohen Temperatur sich erst bildet.

Wenn aber wirklich ein solches in dem farblosen Goldglase existiren sollte, so sieht man nicht den Grund ein, warum dasselbe bei einer weit niedrigeren Temperatur, als zu seiner Erzeugung nothwendig ist, Sauerstoff verlieren und sich in Goldoxydul verwandeln sollte, und zwar selbst in einer Atmosphäre von Sauerstoffgas.

Andererseits wissen wir jetzt, daß das Goldoxydul, welches eine Base ist, in seinen Verbindungen sich beständiger als das Oxyd verhält. Wir wissen, daß der Purpur des Cassius, der, nach Berzelius neueren Ansichten, eine Doppelverbindung von zinnsaurem Zinnoxidul und zinnsaurem Goldoxydul ist ¹⁾, eine sehr hohe Temperatur ertragen kann.

Es scheint mir daher weit natürlicher, in dem farblosen Goldglase ein Silicat des Goldoxyduls anzunehmen, das wie der Purpur des Cassius in Verbindung mit anderen Silicaten eine hohe Temperatur ohne Zersetzung ertragen kann, und diese zu seiner Bildung erfordert. Wird ein solches neutrale, oder vielleicht auch saure farblose Silicat von Neuem erwärmt, und zwar bei einer Temperatur, die weit niedriger ist, als die, bei welcher es erzeugt worden ist, so scheidet sich ein Theil des Goldoxyduls aus. Dieses sich ausgeschiedene Goldoxydul ist es, welches in kleiner Menge eine große Menge Krystallglas schön dunkel rubinroth zu färben im Stande ist.

Diese Ansicht scheint mir besonders durch die Analogien unterstützt zu werden, welche das Goldglas mit dem Glase des Kupferoxyduls hat.

Gold- und Kupferoxydul haben nicht nur eine gleiche atomistische Zusammensetzung, sondern auch viel Aehnlichkeit in den Eigenschaften.

) Jahresbericht, No. 25, S. 192.

Bekanntlich bereitet man in den Glashütten mittelst des Kupferoxyduls ein Glas von einer ähnlichen rubinrothen Farbe, wie sie das aufgewärmte Goldglas besitzt. Dieses Glas ist wie das Goldglas nach dem Schmelzen farblos, und bekommt wie dieses die rothe Farbe durch's Aufwärmen. Diefes geschieht nicht mittelst einer Reduction des etwa im Glase enthaltenen Kupferoxyds zu Oxydul, denn das farblose Glas wird auch durch's Erwärmen roth, wenn es von beiden Seiten mit farblosen Krystallglas überzogen ist; eine Erscheinung, auf welche mich Hr. Pohl aufmerksam machte. Auch erhält das farblose Glas, wenn es lange in einem Strome von Sauerstoffgas bei einer stark erhöhten Temperatur erhitzt wird, bei welcher es aber noch nicht schmilzt oder stark erweicht, eine grüne Farbe, die von Kupferoxyd herrührt. In Kohlensäuregas dagegen wird es roth, und zwar theils durchsichtig roth, theils emailartig und undurchsichtig. Durch einen Strom von Wasserstoffgas wird das Kupfer im Glase reducirt, aber zugleich auch das darin in gröfserer Menge enthaltene Bleioxyd, so wie das darin befindliche Zinnoxid.

Wir sehen also, dafs das Silicat von Kupferoxydul farblos ist, und durch eine geringere Temperatur als die ist, bei welcher es sich gebildet hat, roth werden kann. Dieses Rothwerden rührt offenbar davon her, dafs ein Theil des Kupferoxyduls sich durch's Erwärmen ausscheidet, und obgleich nur eine geringe Menge desselben frei wird, so kann es wegen seiner stark färbenden Kraft eine grofse Menge von Glas intensiv färben, ohne dafs dasselbe seine Durchsichtigkeit verliert, wenn seine Quantität nicht zu bedeutend und die Erhitzung nicht zu stark gewesen ist, in welchen Fällen es emailartig wird.

Jeder, der mit Löthrohrversuchen sich beschäftigt, weifs, dafs ähnliche Erscheinungen sich zeigen, wenn man geringe Mengen von Kupferoxyd sowohl in Borax als auch in Phosphorsalz auflöst, und die Gläser im Reductionsfeuer behandelt. Beide Gläser sind, wenn in der inneren Flamme das Kupferoxyd zu Oxydul reducirt worden ist, vollkom-

men farblos, und werden erst roth unter der Abkühlung, gewöhnlich beim Gestehen, also bei einer niedrigeren Temperatur als die ist, bei welcher sie sich gebildet haben. Bei einem sehr geringen Kupfergehalt wird die farblose Phosphorsalzperle beim Gestehen oft durchsichtig rubinroth.

Dafs gewisse Oxyde, wenn sie durch Schmelzen in Flüssigkeiten aufgelöst worden sind, und mit diesen gleichsam neutrale oder saure Salze bilden, durch erneutes Erwärmen bei einer Temperatur, die weit niedriger ist, als die, bei welcher sie sich aufgelöst haben, zum Theil sich wieder aus der Auflösung ausscheiden, ist eine bei Löthrohruntersuchungen sehr gewöhnlich vorkommende Erscheinung. Sie zeigt sich besonders, wenn man jene Oxyde in Borax aufgelöst hat, und das Glas bis zu einem gewissen Grade gesättigt ist. Wenn man das klare Glas durch sehr kurzes wiederholtes Anblasen wieder erwärmt, wodurch es aber nicht schmelzen darf, so wird es trübe und emailartig, auch oft gefärbt; durch sehr langes Blasen kann es wieder klar werden. Berzelius hat für diese Erscheinung den Kunstausdruck, dafs ein Glas unklar *geflattert* werden kann, eingeführt.

Man kann diese Erscheinung vielleicht mit der vergleichen, dafs die Auflösungen mehrerer neutraler Metalloxydsalze durch's Kochen einen Theil des Oxyds ausscheiden. Aber beide Erscheinungen haben in sofern eine nur entfernte Aehnlichkeit, als die theilweise Ausscheidung des Oxyds im letzteren Falle durch die Gegenwart des Wassers bedingt wird, das als Base auftritt und eine schwächere Base ausscheidet.

Wenn man das Rothwerden des farblosen Gold- und Kupferoxydulglases beim Erwärmen von einer theilweisen Ausscheidung des Oxyduls herleitet, so kann man die Frage aufwerfen, warum das Glas beim Erwärmen nicht die Durchsichtigkeit verliert, da das ausgeschiedene Oxydul in einem nicht aufgelösten Zustand im Glase enthalten seyn muß. Aber die Menge desselben ist so gering, dafs dadurch allen rothen Lichtstrahlen der Durchgang nicht gesperrt wird.

Aehn-

Aehnliche Erscheinungen finden wir bei wässrigen Auflösungen. Sehr kleine Mengen von suspendirtem Schwefelblei oder Schwefeleisen können Flüssigkeiten stark braun oder grün färben, ohne sie undurchsichtig zu machen, weil die Menge des ausgeschiedenen Schwefelmetalls äußerst gering ist, aber doch in dieser geringen Menge eine große färbende Kraft hat.

Wenn das durch Anwärmen roth gewordene Goldglas einer noch stärkeren Hitze ausgesetzt wird, bei welcher es aber noch nicht schmilzt, sondern nur weich wird, so wird es, wie oben angeführt wurde, leberbraun und undurchsichtig. Es rührt dies offenbar davon her, daß das durch's Anwärmen frei gewordene Goldoxydul sich zu Metall reducirt, was bei dem an Kieselsäure gebundenen Oxydul selbst bei der Schmelzhitze nicht stattfinden kann.

V. *Untersuchung einiger Mineralien, welche tantalssäure-ähnliche Metallsäuren enthalten;*
von Th. Scheerer in Christiania.

Obgleich die Untersuchung der nachfolgenden Mineralien, besonders in Betreff der darin enthaltenen Metallsäuren, noch nicht beendigt ist, habe ich mich gleichwohl entschlossen, von dem bereits Ermittelten eine vorläufige Mittheilung zu machen, da ich voraussehe, daß mich andere Arbeiten während längerer Zeit abhalten werden, diese Untersuchung wieder aufzunehmen. Die von mir untersuchten, hierher gehörigen Mineralien sind: Eukolit (neue Species), Wöhlerit, Euxenit, Polykras, niob-pelopsaures Uran-Manganoxydul und krystallisirtes Uranpacherz. In allen diesen Mineralien kommen Metallsäuren vor, welche mir so große Aehnlichkeit mit der von Heinrich Rose entdeckten Niobsäure und Pelopsäure zu besitzen scheinen, daß ich nicht daran zweifle, daß spätere Untersuchungen

diese Aehnlichkeit bis zur vollkommenen Identität steigen werden. Die Trennung jener Säuren von einander, welche in den genannten Mineralien stets zusammen auftreten, ist mir bisher nicht gelungen; das chemische Verhalten ihres *Gemenges* gab sich mir besonders in folgenden Punkten als ein charakteristisches zu erkennen.

1) Das Hydrat dieser Metallsäuren, sowohl im feuchten als getrockneten Zustande, ist rein weiß, und verändert diese Farbe nicht, wenn es längere Zeit mit Ammonium-Sulfhydrat in Berührung gelassen wird.

2) Beim Glühen des getrockneten Hydrats zeigt sich die bekannte Lichterscheinung, und die wasserfreien Säuren bleiben als porcellanartige Masse zurück. Diefes ist wenigstens der Fall, wenn das Hydrat aus einer Lösung erhalten wurde, in welcher die Metallsäuren an Alkali gebunden waren. Wurde das Hydrat dagegen durch Auswaschen der schwefelsauren Metallsäuren mittelst ammoniakhaltigen Wassers dargestellt, so erhält man eine mehr oder weniger lockere oder doch nicht porcellanartige Masse.

3) Durch Erhitzen bis zum schwachen Glühen nehmen die Metallsäuren eine intensiv citrongelbe Farbe an, welche nach dem Erkalten wieder verschwindet.

4) Die geglühten Metallsäuren werden weder von Schwefelsäure, Salzsäure noch Salpetersäure gelöst, leicht und vollständig dagegen von rauchender Flußssäure. Durch Eindampfen der flußsauren Auflösung erhält man, wenn es bei möglichst niedriger Temperatur geschah, eine farblose glasartige, bei höherer Temperatur dagegen eine weißse porcellanartige oder auch matte, erdige Masse. Steigert man die Erhitzung bis zum Glühen, so entweicht Flußssäure aus jeder dieser Massen; aus der glasartigen anscheinend am meisten. Die hierbei zurückbleibenden Metallsäuren nehmen in höherer Temperatur niemals eine so intensiv gelbe Farbe an, wie die durch Glühen des Hydrats erhaltenen, was aller Wahrscheinlichkeit nach daher rührt, dafs die in Flußssäure gelöst gewesenen Säuren nach der Erhitzung in einem poröseren Zustande zurückbleiben, als diefes bei jenem andern der Fall ist.

5) Das während längerer Zeit ausgewaschene feuchte Hydrat wird sowohl von Salzsäure als von Schwefelsäure nur unvollständig gelöst.

6) Durch Schmelzen mit saurem schwefelsauren Kali (worin sich die Metallsäuren vollständig auflösen) erhält man nach dem Erkalten eine weisse nicht krystallinische Salzmasse, bei deren Behandlung mit heissem Wasser die Metallsäuren, an Schwefelsäure gebunden, als weisse schleimige Masse zurückbleiben. In der abfiltrirten Solution entsteht weder durch Verdünnen mit Wasser, noch durch Kochen ein Niederschlag. Wäscht man die schwefelsauren Metallsäuren mit Wasser aus, so büssen sie hierbei einen grossen Theil ihres Schwefelsäuregehalts ein; vollständig geschieht dies aber erst durch Ammoniak oder durch Trocknen und Glühen.

7) In einer grösseren Quantität concentrirter Schwefelsäure sind die feuchten *schwefelsauren* Metallsäuren vollständig löslich.

8) Wird das feuchte Hydrat mit Zink und Salzsäure auf die bekannte Weise behandelt, so erhält man keine blaue Lösung, aber die Flocken des Hydrats nehmen eine blaue Farbe an, die nach einiger Zeit so dunkel wird, daß sie fast schwarz erscheint. Ebenso verhalten sich die schwefelsauren Metallsäuren. Wendet man bei diesen Versuchen verdünnte Schwefelsäure oder ein Gemenge von Schwefelsäure und Salzsäure anstatt der Salzsäure an, so bildet sich eine smalteblaue Auflösung.

9) Schmelzt man die Metallsäuren mit kohlensaurem Natron zusammen und behandelt die Masse mit Wasser, so löst sich von dem metallsauren Natron desto weniger auf, je weniger Wasser man anwendet, je concentrirter also die Solution des im Ueberschusse zugesetzten kohlensauren Natrons ist. Aber auch durch sehr viel Wasser wird nur ein Theil des metallsauren Natrons gelöst.

10) Werden die Metallsäuren mit kaustischem Kali zusammengeschmolzen, und wird darauf die geschmolzene Masse mit Wasser behandelt, so erhält man eine klare

Auflösung, sowohl wenn eine geringere als wenn eine größere Menge Wasser angewendet wurde.

11) Fügt man Salzsäure im Ueberschuß zur Auflösung des metallsauren Alkali, so wird ein Theil der Säure als Hydrat niedergeschlagen, ein anderer Theil zur opalisirenden Flüssigkeit gelöst.

12) In dieser Flüssigkeit bringt Galläpfeltinktur einen dunkel orangefarbenen Niederschlag hervor. Dieselbe Farbe nimmt das feuchte Hydrat oder das feuchte schwefelsaure Salz an, wenn es mit Galläpfeltinktur übergossen wird.

13) Durch Zusammenschmelzen der Metallsäuren mit Kieselerde und kohlensaurem Alkali, und Behandeln der geschmolzenen Masse mit Wasser erhält man eine Flüssigkeit, welche, obwohl sie Kieselerde und Metallsäuren gelöst enthält, bei ihrer Uebersättigung mit Salzsäure durchaus keinen Niederschlag absetzt. Wird darauf aber Ammoniak im Uebermaafs hinzugefügt, so entsteht ein sehr beträchtlicher gelatinöser Niederschlag, aus einem Gemenge von den Hydraten der Kieselerde und der Metallsäuren bestehend. Die Gegenwart der Kieselerde verhindert also hier die Ausscheidung der Metallsäuren durch Salzsäure.

14) Vor dem Löthrohre zeigt das Gemenge der Metallsäuren ein Verhalten, welches dem eines Gemenges von Niobsäure und Pelopsäure sehr nahe kommt. Die kleinen Abweichungen, welche hierbei stattfinden, führe ich nicht an, weil ich Grund zu vermuthen habe, daß die von mir dargestellten Säuren nicht vollkommen frei von fremden Stoffen waren. Diesem Umstande messe ich es unter anderem bei, daß ich die braune Farbe der gesättigten reducirten Phosphorsalzperle nicht bloß auf Kohle, sondern auch auf Platindraht erhielt ¹⁾.

Der Complex der angeführten Eigenschaften wird meine oben ausgesprochene Behauptung rechtfertigen, daß die

1) Diese charakteristische Reaction kann sehr leicht übersehen werden, wenn man nicht eine sehr beträchtliche Menge der Säuren in Phosphorsalz gelöst hat, oder wenn die Reduction nicht lange genug fortgesetzt wird.

betreffenden Metallsäuren sich sehr ähnlich einem aus Niobsäure und Pelopsäure bestehenden Gemenge verhalten. — Ich gehe nun zu den einzelnen, von mir untersuchten Mineralien über, in welchen diese Metallsäuren vorkommen.

1) Eukolit und Wöhlerit.

Mit dem Namen Eukolit habe ich ein als accessorischen Gemengtheil des norwegischen Zirkonsyenits vorkommendes Mineral belegt, dessen äußere Charaktere von mir bereits früher (s. Pogg. Ann., Bd. 61, S. 222) beschrieben worden sind. Ich nannte dasselbe damals »brauner Wöhlerit,« weil es sowohl durch jene Charaktere als durch seine qualitative Zusammensetzung dem Wöhlerit sehr nahe gestellt wird. Meine zu gleicher Zeit ausgesprochene Vermuthung, daß es vielleicht ein Wöhlerit sey, in welchem der größte Theil der Zirkonerde durch Eisenoxyd ersetzt ist, hat sich in so weit bestätigt, als das Mineral in der That weit mehr Eisenoxyd und beträchtlich weniger Zirkonerde als der Wöhlerit enthält ¹⁾. Die quantitative Analyse hat jedoch ergeben, daß die anderen Hauptbestandtheile beider Mineralien, nämlich Kieselerde, Kalkerde und Natron, im Eukolit in ganz anderen stöchiometrischen Verhältnissen auftreten, als im Wöhlerit. Das Resultat einer Zerlegung, welche auf ganz ähnliche Weise ausgeführt wurde wie beim Wöhlerit (s. Pogg. Ann., Bd. 59, S. 327), war folgendes. Die Bestandtheile des Wöhlerit sind zur Vergleichung daneben angeführt.

1) Aus diesem Grunde gab ich dem Mineral den Namen Eukolit. Dasselbe begnügte sich nämlich gewissermaßen, da es ihm an Zirkonerde fehlte, mit Eisenoxyd.

	Enkolit.	Wöhlerit.
Kieselsäure	47,85	30,62
Metallsäuren }	14,05	29,64 (15,17 Zr)
Zirkonerde		
Eisenoxyd	8,24	2,12
Kalkerde	12,06	26,19
Ceroxydul	2,98	—
Natron	12,31	7,78
Manganoxydul	1,94	1,55
Talkerde	Spur	0,40
Wasser	0,94	0,24
	<hr/> 100,37	<hr/> 98,54.

Dafs im Wöhlerit gar kein Ceroxydul vorkomme, halte ich nicht für ausgemacht; eine kleine Quantität desselben könnte ich früher möglicherweise übersehen haben. — Bei meiner ersten Untersuchung des Wöhlerit (l. c. S. 327) hielt ich das in diesem Minerale vorkommende Gemenge von Metallsäuren für Tantalsäure, später, nachdem mir eine kurze vorläufige Mittheilung der H. Rose'schen Entdeckung der Niobsäure zugekommen war, glaubte ich diese Säure darin zu erkennen. Nach der Publication von Heinrich Rose's Untersuchungen über das Pelopium habe ich mich aber davon überzeugt, dafs beide jene Annahmen nicht richtig waren. Dieser Irrthum dürfte darin Entschuldigung finden, dafs man der Tantalsäure früher Eigenschaften zuschrieb, welche theils der Niobsäure, theils der Pelopsäure zukommen, und dafs man, wie ich bereits erwähnt habe, in Bezug auf das Verhalten dieser Metallsäuren in der reducirten Phosphorsalzperle leicht getäuscht werden kann.

2) E u x e n i t.

Im 50. Bande von Pogg. Ann., S. 149, habe ich die vorläufige Untersuchung eines Minerals von Jölster in Bergenhuus-Amt mitgetheilt, dem ich den Namen Euxenit beilegte. Später bemühte ich mich vergeblich eine gröfsere Quantität desselben zur Analyse zu erhalten, und es war

mir daher sehr willkommen, als ich in einem mir vor etwa zwei Jahren aus der Gegend von Tvedestrand als Yttro-Tantalit zugekommenen Minerale ein dem Euxenit nahe verwandtes Mineral erkannte. In Farbe, Glanz, Härte, Strich und Bruch stimmt es mit dem Euxenit von Jölster vollkommen überein. Sein spec. Gewicht ist dagegen etwas höher, nämlich 4,73 bis 4,76, während ich das des Euxenit früher zu 4,60 bestimmte. Dieser Unterschied dürfte jedoch, besonders bei Mineralien dieser Art, nur unerheblich seyn. Auch in ihrem Verhalten vor dem Löthrohre zeigen beide Mineralien viel Uebereinstimmendes. Ihre Zusammensetzung ist folgende:

	Mineral v. Tvedestrand.	Euxenit v. Jölster.
Titansäure	} 1) 53,64	57,60
Metallsäuren		
Yttererde	28,97	25,09
Uranoxydul	7,58	6,34
Ceroxydul	2,91	3,14
Eisenoxydul	2,60	—
Kalkerde	—	2,47
Talkerde	—	0,29
Wasser	4,04	3,97
	<hr/> 99,74	<hr/> 98,90.

Die Gesammtmenge der Titansäure und anderen Metallsäuren in beiden Mineralien weichen zwar nicht ganz unbedeutend von einander ab; allein dieser Umstand ist wohl nicht hinreichend in Betreff der sonst so vielfach ausgesprochenen Aehnlichkeit, ja fast Identität, Zweifel zu erwecken. Diese Differenz kann, außer in verschiedenen relativen Quantitäten der betreffenden Säuren unter einander, theils in der Unvollkommenheit der von mir angewendeten analytischen Methoden, theils auch in dem Umstande

- 1) Obgleich mir eine scharfe Trennung der Titansäure von den andern Metallsäuren nicht geglückt ist, so vermag ich doch mit Gewißheit anzugeben, daß die erst genannte Säure im Euxenit von Tvedestrand in *bei weitem überwiegender Menge* auftritt.

liegen, daß von beiden Mineralien nur kleine Quantitäten zur Untersuchung angewendet werden konnten. Ich nehme daher keinen Anstand, das Mineral von Tvedestrand mit dem Euxenit von Jölster in eine Species zu vereinigen. Am erst genannten Orte findet sich der Euxenit zum Theil in Krystallen, in rothbraunem Orthoklas eingewachsen. Von der Form dieser Krystalle wird sogleich die Rede seyn.

3) P o l y k r a s.

Die früher, sowohl in Pogg. Ann., Bd. 62, S. 429, als in der *Gää norwegica*, Heft 2, S. 330, von mir angegebene qualitative Zusammensetzung dieses Minerals: Titansäure, Tantalsäure, Zirkonerde, Yttererde, Eisenoxydul, Uranoxydul (oder Oxyd) und Ceroxydul ist dahin zu verändern, daß Niobsäure, und Pelopsäure anstatt Tantalsäure zu setzen ist.

Polykras und Euxenit besitzen sehr ähnliche Krystallformen. Beide krystallisiren nach dem rhombischen Systeme, und zwar in Säulen von nahe 140° , zugespitzt durch eine Pyramide, deren stumpfe Scheitelkanten etwa 152° betragen. Ein größserer Euxenitkrystall, welchen ich besitze, zeigt die Combination:

$$P. \infty P. \infty \bar{P} \infty . m \bar{P} \infty \text{ (wahrscheinlich } 2 \bar{P} \infty \text{)}.$$

An den Polykraskrystallen pflegen außerdem noch andere Flächen vorzukommen, besonders $\infty \bar{P} \infty$, zuweilen auch $\bar{P} \frac{1}{3}$. In Farbe, Strich, Härte, Glanz und spec. Gewicht stimmen beide Mineralien weniger vollkommen mit einander überein. Während das spec. Gewicht des Euxenit 4,60 bis 4,76 gefunden wurde, beträgt das des Polykras 5,09 bis 5,12. Zu diesen Verschiedenheiten kommt der Gehalt des Polykras an Zirkonerde, von welchem Bestandtheile ich im Euxenit keine Spur auffinden konnte. Gleichwohl bedingen diese Differenzen wohl kaum einen größseren Unterschied, als solcher durch das quantitativ verschiedene Auftreten isomorpher Stoffe bedingt wird.

Krystallform und Zusammensetzung des Euxenit und Po-

lykras stellen beide Species dem Niobit (Columbit) und Samarskit zur Seite. Bei letzterem beträgt, nach G. Rose, Dana und Auerbach, der stumpfe Winkel ihrer rhombischen Säule 135° bis 136° , und beim Niobit die stumpfe Scheitellkante der Pyramide 150° . Folgendes Schema giebt eine Uebersicht über die wesentlichsten Bestandtheile dieser vier Mineralien, welchen, wenn auch nicht völlig identische, doch jedenfalls chemische Formeln zukommen, die keine verschiedene Krystallform bedingen.

	Säuren.	Basen.
Niobit	Nb , Pe	Fe , Mn
Samarskit	Nb ,	Fe , U (Ü?) , Y
Euxenit	Ti , Nb , Pe	Y , U
Polykras	Ti , Nb , Pe	Zr , Y , U (Ü?) Fe

Die von Heinrich Rose vermuthete Isomorphie der Nb und Pn mit Ti scheint in diesen Verhältnissen einen neuen Stützpunkt zu finden.

4) Niob-pelopsaures Uran-Manganoxydul.

Dieses äußerst seltenen Minerals, welches ich im Jahre 1844 auf dem Gebirgsrücken Strömsheien bei Valle in Sättersdalen fand, habe ich bereits in einem Reiseberichte in dem *Nyt Mag. for Naturvidensk.*, Bd. 4, S. 412, so wie auch in der Berg- und hüttenmännischen Zeitung, Jahrg. 4, S. 453, Erwähnung gethan. Eine grössere, zu einer genaueren Untersuchung hinreichende Quantität dieses Minerals hat sich bis jetzt leider nicht auffinden lassen, und ich muß mich daher einstweilen mit der kurzen Mittheilung begnügen, daß es die angeführten Bestandtheile enthält. Daß es mit Gustav Rose's Samarskit (Uranotantal) zu einer Species vereinigt werden könne, scheint mir sowohl in Bezug auf die Zusammensetzung als auf die äußere Beschaffenheit beider Mineralien zweifelhaft zu seyn. Zusammen mit dem niob-pelopsauren Uran-Manganoxydul findet sich stets das folgende Mineral.

5). Krystallisirtes Uranpecherz.

Dasselbe sieht dem vorerwähnten Minerale so ähnlich, daß ich es lange Zeit damit verwechselte, bis mich die chemische Untersuchung von der Verschiedenheit beider belehrte. Diese eigenthümliche Art des Uranpecherzes kommt stets in mehr oder weniger krystallinisch ausgebildeten Körnern vor, welche zuweilen die GröÙe einer Erbse besitzen. In Farbe, Glanz und Bruch ist es von dem vorigen fast nicht zu unterscheiden. Erst nachdem ich mich durch die chemische Untersuchung von dem Unterschiede beider Mineralien überzeugt hatte, glaubte ich zu bemerken, daß das Uranpecherz eine mehr rein schwarze Farbe und einen etwas ebneren Bruch besitze. Das spec. Gewicht desselben ist 6,71, und seine Zusammensetzung fand ich durch die Analyse einer nur 0,718 Grm. betragenden Quantität, wie folgt:

Grünes Uranoxyd	76,6
Bleioxyd	15,6
Metallsäuren	
Kieselerde	
Manganoxydul (oder Oxyd?)	1,0
Wasser	4,1
Verlust und Gebirgsart	2,7
	<hr/> 100,0.

Ob die Metallsäuren als wesentliche Bestandtheile dieses Minerals zu betrachten seyen, will ich dahingestellt seyn lassen. Es wäre möglich, daß ihre Anwesenheit nur von einer Einmischung des vorgedachten Minerals herrühre. In den 15,6 Proc. Bleioxyd, Metallsäuren und Kieselerde bildete das Bleioxyd die größte, die Kieselerde die geringste Menge. Das niob-pelopsaure Uran-Manganoxydul enthält keine Spur von Bleioxyd.

Die hervorstechendste Eigenthümlichkeit dieses Uranpecherzes scheint mir in seiner krystallinischen Entwicklung zu bestehen. Ich fand einige vollständig und scharf ausgebildete Krystalle desselben, welche man leicht als re-

guläre Octaëder mit untergeordneten Hexaëderflächen erkennt. — Beide erwähnten uranhaltigen Mineralien, von denen das letzte weniger selten vorkommt als das erste, sind sehr leicht der Verwitterung unterworfen. Ist dieselbe vollständig vor sich gegangen, so zeigt sich das niob-pelop-saure Uran-Manganoxydul in eine blafsgelbe, das Uran-pecherz in eine hochgelbe erdige Masse umgewandelt. Letztere besteht aus fast reinem Uranoxydhydrat. Zuweilen findet man derartig metamorphosirte Krystalle des Uran-pecherzes, welche ihre Form vollkommen bewahrt haben.

**VI. Chemische Untersuchung' der Quellenabsätze des
Alexisbades am Harz;
von C. Rammelsberg.**

Nachdem insbesondere durch Walchner die Gegenwart von Arsenik in Eisenerzen und eisenhaltigen Quellenwässern dargethan worden ¹⁾, hat dieser Gegenstand mehrfache Untersuchungen veranlaßt. Allerdings hat schon früher Fischer einen Arsenikgehalt im Stollenwasser von Reichenstein nachgewiesen ²⁾; allein dieser konnte nicht befremden, da dort Arsenikeisen in größerer Menge vorkommt. Rumler gab an, daß der Olivin aus dem Meteoreisen von Atacama und von der Pallas'schen Masse Arsenik enthalte ³⁾. (Ich habe schon vor längerer Zeit die Beobachtung gemacht, daß die hellgelben reinen Körner des letzteren beim Erhitzen nichts Flüchtiges geben, daß man hingegen aus den mit einer braunen Kruste bedeckten, und aus den einzelnen Eisentheilchen, welche dem mir überge-

1) Ann. der Chem. und Pharm., Bd. 61, S. 205. (Ann., Bd. 69. S. 557)

2) Poggendorff's Annalen, Bd. 26, S. 554.

3) Ebendas., Bd. 49, S. 591.

benen Olivin ¹⁾ beigemischt waren, ein Sublimat von metallischem Arsenik erhält). In dem Pallaseisen, so wie in mehreren Arten Meteoreisen fand Walchner Arsenik und Kupfer.

Abgesehen von älteren unsicheren Angaben ist Arsenik in Quellen in neuerer Zeit zuerst durch Tripier, Henry und Chevallier, und zwar in einer Quelle bei Algier aufgefunden. Walchner untersuchte die wesentlich aus Eisenoxydhydrat bestehenden Quellenabsätze von Griesbach, Rippoldsau, Teinach, Rothenfels, Cannstadt, Wiesbaden, Schwälbach, Ems, Pyrmont, Lamscheid und des Brohlthals bei Andernach, und fand in allen Kupfer und Arsenik, in den Thermen von Wiesbaden zugleich Antimon. Dieses Metall kommt, nach J. Baur, auch in einem Mineralwasser bei Schlüpfheim im Kanton Luzern vor ²⁾. Zinn- und Kupferoxyd hatte Berzelius schon früher im Saischitzer Bitterwasser entdeckt.

Will ³⁾ suchte den Metallgehalt einiger Quellen und Quellenabsätze quantitativ zu ermitteln, und indem er das Verhältniß des Eisens zu den Metallen in dem Ocker oder in dem Rückstand von der Verdampfung größerer Mengen Wasser bestimmte, berechnete er mit Hülfe des Eisengehalts im Mineralwasser selbst die Menge des Arsens etc. in letzterem. Seinen Versuchen zufolge ist das Arsenik als *arsenige* Säure, das Zinn als Zinnoxidul in den Quellenabsätzen vorhanden.

10,000 Th. Wasser von Rippoldsau enthalten danach:

	a) Josephsquelle.	b) Wenzelquelle.	c) Leopoldsquelle.
Antimonoxyd	0,00016	0,00010	0,00024
Zinnoxidul	0,00025	0,00017	0,00038
Arsenige Säure	0,00600	0,00400	0,00900
Kupferoxyd	0,00104	0,00069	0,00156
Bleioxyd	0,00025	0,00016	0,00037

1) Aus dem K. K. Mineralienkabinet in Wien erhalten.

2) Jahrb. für pract. Pharm., Bd. 10, S. 3.

3) Annalen der Chemie und Pharm., Bd. 61, S. 192.

Der Ocker der Josephsquelle enthielt 50,59 Proc. Eisenoxyd und 1,134 Proc. jener Metalle (im metallischen Zustande).

Will hat zugleich einige Quellabsätze Wiesbadens geprüft, deren Metallgehalt grösstentheils aus Arsenik besteht. Drei Arten lieferten:

	I.	II.	III.
Eisenoxyd	41,32	54,32	5,26
Metall	0,961	1,073	0,17.

Nach Buchner d. J. ¹⁾ enthält der Ocker der Kissinger Quellen viel Arsenik, etwas Zinn, aber nur eine zweifelhafte Spur Kupfer, der des Stahlbrunnens von Brückenu viel Kupfer, etwas Zinn, Spuren von Arsenik.

Ich habe neuerlich die Ockerabsätze der beiden Eisenquellen des Selkethals am Harz untersucht, welche zum Theil von mir selbst an Ort und Stelle gesammelt wurden.

A. Alexisbad. (Badequelle.)

In Alexisbad fließt aus einem alten verlassenen Stollen (Schwefelstollen), der im Uebergangsgebirge (Grauwackenschiefer) angesetzt ist, und einen gleich den übrigen Gängen des Harzgeröder Feldes von Ost nach West streichenden und an Schwefelkies reichen Gang durchsetzt, die bekannte Badequelle, deren constante Temperatur man zu 6°,5 R. angiebt. Sie ist zuletzt von Trommsdorff untersucht worden. Der sich reichlich absetzende Ocker ist von hellbrauner Farbe, löst sich in Säuren mit Hinterlassung von etwas Quarzsand auf, und enthält eine nicht näher bestimmte Menge organischer Substanz (Quellsäure u. s. w.). Sein Arsenikgehalt ist so groß, daß schon 1 Gramm, in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, im Marshschen Apparate eine starke Reaction hervorbringt. Die im Nachfolgenden angegebene Menge dieses Metalls ist das Mittel von zwei Versuchen, die mit 50 Grm. Ocker angestellt wurden.

1) *Journal für practische Chemie*, Bd. 40, S. 442.

100 Th. dieses Ockers enthalten:

Wasser und organische Substanz	26,33
Quarzsand	6,02
Lösliche Kieselsäure	0,43
Eisenoxyd	65,30 ¹⁾
Manganoxyd	0,76
Kalkerde	0,15
Talkerde	0,04
Arsenik	0,958
Kupfer	0,017
Zinn	0,003
	<hr/>
	100,008.

Kocht man diesen Ocker mit Kalilauge, so läßt sich in der alkalischen Flüssigkeit durch Silbersalze, Kupfersalze und Schwefelwasserstoff mit großer Leichtigkeit die Gegenwart von *Arseniksäure*, aber nicht von arseniger Säure nachweisen, was ich hier besonders in Bezug auf die Angabe Will's bemerken möchte.

B. Alexisbrunnen. (Trinkquelle.)

Zwischen Alexisbad und Mägdesprung im Selkethale fließt diese Quelle aus dem Uebergangsgebirge, und zwar gleichfalls aus einem alten Stollen (Katharinenstollen), welcher einen Gang, der Spatheisenstein, Quarz und Kalkspath, und an Erzen Bleiglanz und Blende führt, durchsetzt, mit angeblich 9°,15 R. Temperatur hervor. Ihr Ocker unterscheidet sich von dem eben beschriebenen dadurch, daß er mit Säuren eine Gallerte bildet, mithin ein Eisenoxydsilicat enthält. Dabei entwickelt sich zugleich etwas Kohlensäure, welche an *Eisenoxydul* gebunden ist, dessen Vorhandenseyn die Reagentien darthun. Auch der Mangangehalt dieses Ockers ist um vieles größer, sein Metallgehalt dagegen sehr gering, so daß 300 Grm. erforderlich waren, um eine annähernde quantitative Bestimmung zu erhalten.

1) Nach einer besonderen Eisenprobe = 65,94 Proc.

Wasser und organische Substanz	23,93	24,24	
Quarzsand	6,71	7,00	} 13,25
Lösliche Kieselsäure	6,91	6,46	
Eisenoxyd	53,88	55,17	55,75
Eisenoxydul	1,68		
Manganoxyd	6,95		
Kalkerde	0,40		
Talkerde	0,12		
Kohlensäure	1,36		
Arsenik	0,025		
Kupfer und Zinn	0,001		
	<hr/> 101,966.		

Legt man die in Betreff des Eisengehalts ziemlich übereinstimmenden Analysen des Wassers dieser Quelle von Trommsdorff und Bley zum Grunde, wonach 16 Unzen etwa 0,4 Gran kohlensaures Eisenoxydul enthalten, und nimmt man an, was allerdings nicht bewiesen ist, dafs in dem Ocker Arsenik und Eisen in demselben Verhältnifs wie in dem Wasser sich finden, so enthalten etwa 200 Pfund des letzteren 0,025 Gran Arsenik, oder das Wasser enthielte $\frac{1}{8000}$ seines Gewichts Arsenik.

VII. *Fortsetzung der Untersuchung des Meteoreisens von Braunau; von N. W. Fischer* ¹⁾).

Vorgelesen in der phys. Sect. der schles. Gesellsch. für vaterl. Kultur
den 20. October 1847.

Bei der mit Prof. Duflos gemeinschaftlich unternommenen Untersuchung hatten wir uns, wie angegeben, der Feilspäne bedient, welche mir bei meiner Anwesenheit in Braunau von der Masse abzufeilen der H. Oberamtmann Slawkowsky erlaubt hatte; wir konnten daher das Meteor als einen homogenen Körper annehmen. Gegenwärtig durch

1) S. Annalen, im vorigen Heft, S. 475.

die besondere Güte des Abts Dr. Rotter im Besitz eines ganzen Stücks von mehr als 20 Grm. suchte ich zunächst auszumitteln, aus welchen heterogenen Körpern dieses Meteoreisen zusammengesetzt sey, und fand, daß es drei verschiedene Körper enthalte.

Der eine, und der bei weitem vorwaltende, die Hauptmasse, ist aber die Verbindung von Eisen, Nickel und Kobalt mit Spuren der anderen Stoffe, wie wir es als Ergebnis unserer Untersuchung angegeben haben ¹).

Ein zweiter, der an vielen einzelnen Stellen in der Hauptmasse eingewachsen vorkommt, und sich sehr deutlich durch Farbe, Bruch, Sprödigkeit und Glanz von derselben unterscheidet, kann durch mechanische Mittel leicht davon getrennt werden.

Ein dritter endlich wird aus dem Meteoreisen als kleine dünne Blättchen, Flitterchen, abgeschieden, wenn Salzsäure so lange darauf einwirkt, als noch eine Auflösung stattfindet ²).

Das zugleich bei Einwirkung der Säuren abgeschiedene schwarze Pulver, ebenfalls als einen eigenthümlichen Körper anzunehmen, halte ich nicht für begründet, da es vielmehr die einzelnen Bestandtheile der Hauptmasse enthält, welche, als unlöslich in den angewandten Säuren, abgeschieden werden.

Indem ich nun auch von diesen beiden Körpern — dem zweiten und dritten — das Verhältniß ihrer Bestandtheile auszumitteln suchte, mußte ich mich bei der äußerst geringen Menge derselben, welche mir zu Gebote stand, größtentheils auf das qualitative beschränken.

1)

1) Doch dürften manche dieser Stoffe von den zwei andern Körpern herühren.

2) Einen ähnlichen Körper hatte Berzelius in der Meteormasse von Bohumilitz gefunden und als Schüppchen bezeichnet, aber diese waren weiß, körniger, schwerer und ließen sich daher leicht durch Schlämmen von dem zugleich ausgeschiedenen kohligen Pulver trennen (s. Poggend. Annalen, Bd. 27, S. 122 u. f.), was hingegen bei diesen zarten Flitterchen nur zum Theil bewirkt werden kann.

1) Der eingewachsene Körper.

Verdünnte Salzsäure, welche auf die Hauptmasse erst nach einiger Zeit einwirkt, entwickelt, auf diesen Körper gegossen, sofort eine große Menge Schwefelwasserstoffgas — das Wasserstoffgas, welches die Meteormasse, in der nichts von diesem Körper enthalten ist, bei Einwirkung der Salzsäure entwickelt, hat nicht den geringsten Geruch nach Schwefelwasserstoffgas — und löst ihn bis auf einen geringen Rückstand, in ein grauschwarzes Pulver auf. Dieses, auf ein dünnes Platinblech gebracht, entzündet sich schon bei gelindem Erhitzen, wie Zunder glimmend, was sich beim Erglühen des Blechs wiederholt. Das nunmehr bräunlich gefärbte Pulver wurde mit salpetersaurem Natron auf dem Platinblech zusammengeschmolzen und geglüht. Beim Erkalten zeigt das Salz eine gelbe Farbe, löst sich mit dieser Farbe in Wasser auf, welche Auflösung, nachdem sie mit Salpetersäure neutralisirt worden ist — um sowohl das kaustische als das salpetrichsaure Natron in salpetersaures zu verwandeln — in salpetersaurer Silberoxydlösung einen schönen rothen Niederschlag hervorbringt, der sowohl in Salpetersäure als in Ammoniak leicht aufgelöst, und aus dieser Auflösung durch das wechselseitige Neutralisiren, d. h. der salpetersauren Auflösung durch Ammoniak und der ammoniakalischen durch Salpetersäure, wieder mit der schönen rothen Farbe abgeschieden wird ¹⁾).

Die salzsaure Auflösung enthält Eisen und eine geringe Menge Nickel.

Das Verhältniß des in Salzsäure aufgelösten Theils zu dem ungelöst gebliebenen ist in $100 = 97 : 3$.

(Ich hatte zur Untersuchung 0,073 Grm., von diesen blieb ungelöst 0,002).

Die Bestandtheile dieses Körpers sind demnach:

Eisen	} in 100 = 78,9
Schwefel	
	} Einfach-Schwefeleisen

1) Von allen Reactionen für Chromsäure scheint mir die angegebene die charakteristischste und sicherste zu seyn, welche zugleich am leichtesten hervorzubringen ist.

Nickel
Chrom
Kohlenstoff.

Von den angewandten 0,073 war das aus der salzsaurer Auflösung abgeschiedene Eisenoxyd 0,083, folglich Metall 0,057. Dieses würde, um Einfach-Schwefeleisen zu bilden, 0,033 Schwefel erfordern, das Schwefeleisen würde also allein 0,090 betragen, also mehr als das Gewicht des angewandten Körpers. Ein (geringer) Theil des Eisens muß diesernach mit Nickel, Kohlenstoff und Chrom in diesem Körper verbunden seyn. Phosphor habe ich in diesem Körper nicht auffinden können.

2) Die Metallblättchen, Flitterchen.

So leicht es ist, den ersten Körper rein zu erhalten, d. h. durch mechanische Mittel von der Hauptmasse zu trennen, so schwer ist es sich diesen Körper frei von den Stoffen zu verschaffen, welche eben so wie diese Flitterchen bei Einwirkung der Salzsäure auf die Masse als Rückstand bleiben, wie Kohlenstoff, Kieselsäure etc. Zugleich ist die Ausbeute dieses Körpers so gering, daß er mit dem zugleich abgeschiedenen Pulver noch kaum ein Procent der Masse beträgt.

So wie auf diesen Körper die Salzsäure ganz und gar nicht einwirkt, so greift auch die Salpetersäure ihn nur sehr unbedeutend an, in Salpetersalzsäure hingegen ist er unter Mitwirkung der Wärme leicht und bis auf eine sehr geringe Menge Kieselsäure vollständig auflöslich.

Diese Auflösung vollständig zur Trockne verdampft, läßt einen Rückstand, der auf der Oberfläche röthlichgelbe glänzende Blättchen bildet, die sich leicht vom Gefäße ablösen; das Darunterliegende ist eine gelblichweiße Masse, die festhaftet. Beide sind im Wasser vollkommen unlöslich — doch geht diese weiße Masse, wenn das Trocknen bei gelinder Wärme stattgefunden, mit dem Wasser durch's Filter; ist sie hingegen scharf getrocknet, so bleibt sie, wie die gelben Blättchen, darauf liegen. Beide Theile des Rückstands sind leicht mit gelber Farbe in Salzsäure auflöslich, und verhalten sich wie basisch phosphorsaures Eisenoxyd.

Auf Platinblech erhitzt, entzündet sich dieser Körper ebenfalls bei gelinder Hitze, wie Zucker glimmend, verliert dabei den Metallglanz und verwandelt sich in ein braunes Pulver, von welchem nunmehr sowohl Salz- als Salpetersäure einen bedeutenden Theil auflöst.

Die Bestandtheile dieses Körpers sind:

(Berzelius fand in den Schüppchen
S. a. a. O. S. 131

Eisen	65,977
Phosphor	14,023
Nickel	15,008
Kohlenstoff	1,422
Kiesel	2,007).

Es sind also dieselben Bestandtheile die Berzelius in den Schüppchen des Bohumilitzer Meteoreisens gefunden hat, ob aber das quantitative Verhältniß auch gleich sey, vermochte ich bei der geringen Menge, die ich von diesem Körper hatte, = 0,047 Grm., nicht auszumitteln ¹⁾; das

- 1) Berzelius konnte zur Darstellung der Schüppchen eine Quantität von 60 Grm. des Meteoreisens anwenden, und hatte 0,777 Grm. erhalten; ich hatte nur etwa 5 Grm. dazu zu verwenden, da mir ein großer Theil meines Vorraths durch folgendes Ereigniß verloren ging, welches ich zur Warnung hier mittheile.

Ich hatte nämlich, um mir eine gehörige Menge dieser Blättchen zu bereiten, meinen ganzen Vorrath der Masse, in Stücke zerschlagen, in eine kleine Flasche — Faraday's Spritzfläschchen — gethan, mit Salzsäure übergossen, und vermittelst eines Pfropsens, in welchem eine lange, enge, in einem stumpfen Winkel gebogene Röhre befestigt war, das Fläschchen verschlossen. Nach 16stündiger Einwirkung der Säure hielt ich die schwache Flamme einer Weingeistlampe mit einfachem Dochte an den gebogenen Theil dieser Röhre, um zu sehen, ob das entwickelte Wasserstoffgas Arsenik enthielte, als nach kurzer Zeit eine heftige Explosion und das Zerschmettern des Fläschchens etc. erfolgte. Daß unter diesen Umständen, der langen Einwirkung der Salzsäure ungeachtet, das Fläschchen noch mit Knallgas gefüllt war, hat nichts auffallendes, wohl aber, daß dieses Gas durch das schwache Erhitzen der Röhre in so kurzer Zeit sich entzündete. Wahrscheinlich ist der Grund dieser Entzündung, daß das entwickelte Wasserstoffgas zugleich, wenn auch nur Spuren, von Schwefel oder Phosphor enthielt. So wie das Fläschchen in

Eisen allein habe ich annähernd zu bestimmen vermocht, und dieses war hier nur ungefähr 51 Procent.

Diese beiden Körper, der eingewachsene und die Blättchen, bilden, wenn wir von den anderen Stoffen absehen, einen merkwürdigen Gegensatz, während der erste vorwaltend Schwefeleisen, enthält der zweite grofsentheils Phosphoreisen. Dafs der erste nur an einzelnen Stellen und in verhältnifsmäfsig grofsen Massen, der zweite hingegen überall verbreitet vorkommt, und in so zarten Blättchen, dürfte vielleicht seine Erklärung in dem verschiedenen Schmelz- und Erstarrungspunkt der beiden Körper finden. Das Phosphoreisen scheidet sich schon bei einem Grade des Erkaltes des Meteors aus, bei dem das Schwefeleisen noch flüssig ist, und daher in gröfserer Menge zusammentreten kann. Wie sehr allgemein aber diese Flitterchen in der Masse verbreitet sind, zeigt sich bei Einwirkung der Salzsäure, denn schon nach sehr kurzer Zeit sieht man sie, besonders beim Schütteln, in der Flüssigkeit schwimmen. Daraus geht zugleich die Zartheit und Leichtigkeit derselben hervor, indem sie, ungeachtet dieser allgemeinen Verbreitung, doch noch nicht ein Procent der Masse betragen, und zwar mit dem zugleich sich abscheidenden kohligen Pulver. In dem Meteoreisen von Bohumilitz betrugen die Schüppchen mit dem Pulver 2,26 und allein 1,3 Procent. (Von 60 Grm. erhielt Berzelius, wie angegeben, 0,777 dieser Schüppchen.)

VIII. *Ueber das Meteoreisen von Braunau; von W. Haidinger.*

(Uebersandt vom Hrn. Verfasser aus den Berichten der Versammlungen der Freunde der Naturwissenschaften in Wien, den 8. Oct. 1847.)

Durch die Güte der HH. Hofr. Ritter v. Schreibers und Kustos Partsch, welcher letztere selbst dieses Stück

kleinen Splittern zerstob, so konnte ich auch von der angewandten Meteor-
teormasse nur eine geringe Menge kleiner Stücke auffinden, die ich zur
Darstellung von Flitterchen angewendet habe.

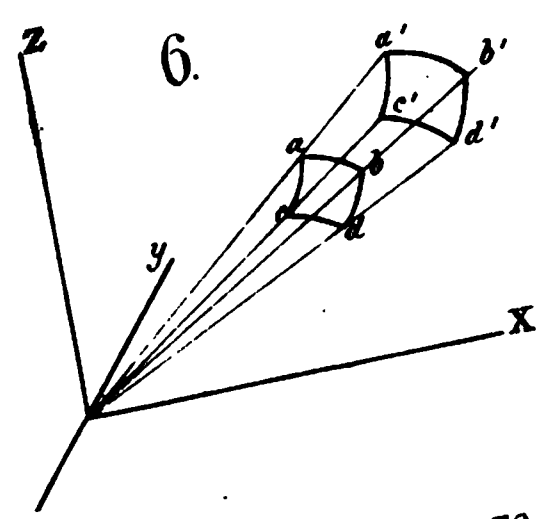
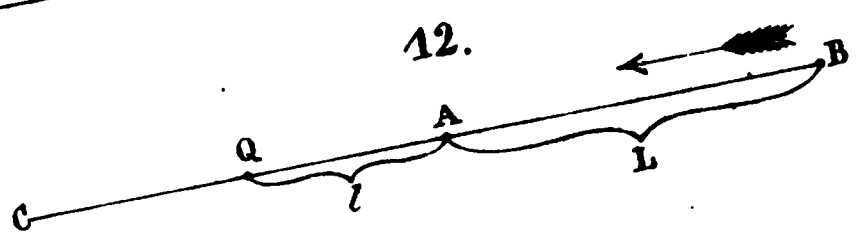
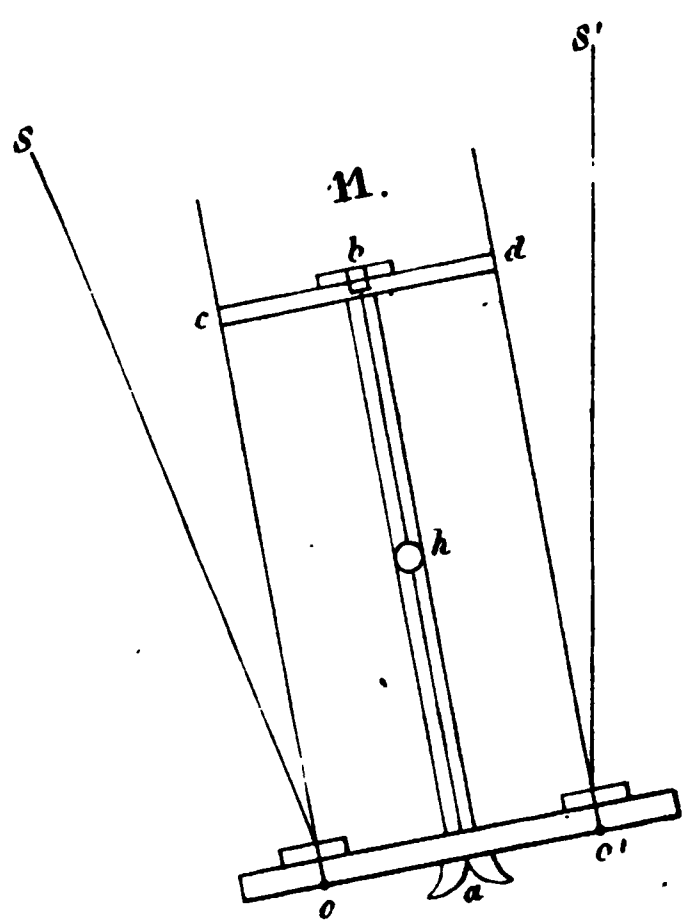
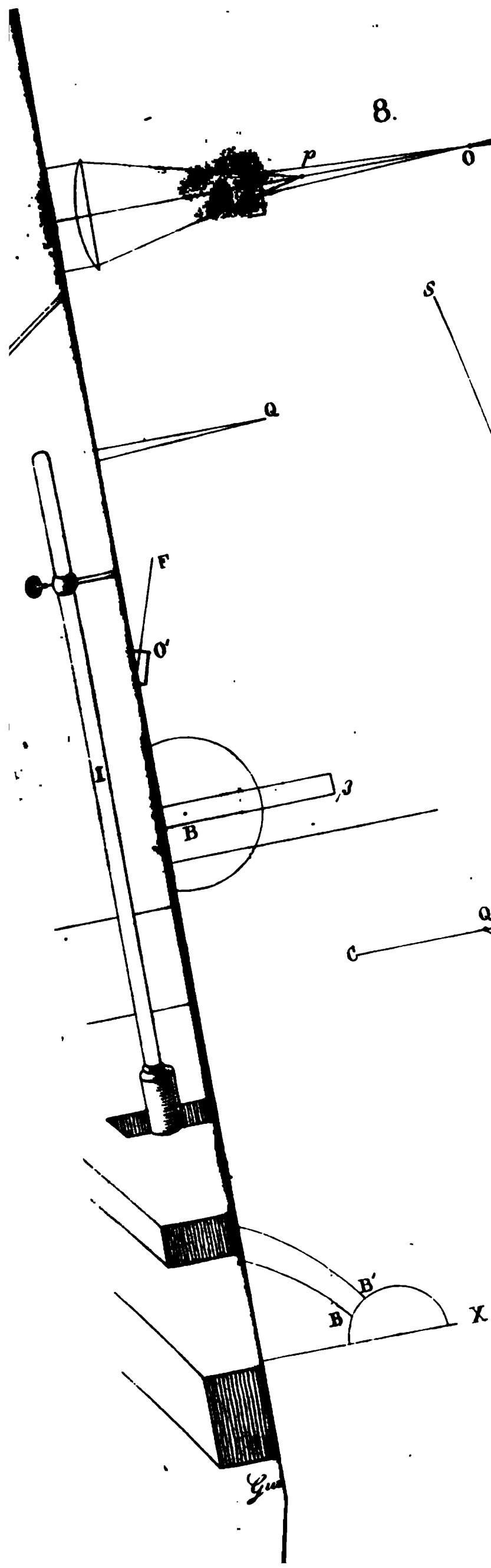
in die Versammlung gebracht hatte, war Hr. Bergrath Haidinger in die angenehme Lage gesetzt, das *Meteoreisen* von Braunau vorzeigen zu können, welches Hr. Joh. Nep. Rotter, Abt des Benedictinerstifts von Braunau, als Geschenk an das K. K. Hof-Mineralienkabinet gesandt hatte. Hr. Apotheker Beinert zu Charlottenbrunn in Schlesien hat bereits in Poggendorff's Annalen, 1847, Heft 9, S. 170, eine ausführliche Nachricht über den Meteoreisenfall selbst, vom 14. Juli, die treffliche Beobachtung des Herganges durch den K. K. Oberförster Pollak, so wie Abbildungen der Massen bekannt gemacht. Aus der Mittheilung des hochw. Hrn. Prälaten selbst möge noch hier eine Ergänzung beigefügt werden. Es waren zwei Massen, die eine wog 42 Pfund 6 Loth, die zweite 30 Pfund 16 Loth. Die gröfsere wurde in Breslau in Gegenwart mehrer Universitäts-Professoren und Naturforscher in mehre Stücke getheilt, und den Universitäten von Berlin und Breslau, so wie einigen anderen Instituten und Gelehrten kleine Stückchen verehrt. Das grösste von diesen, etwa 4 Pfund, erhielt das K. K. Hof-Mineralienkabinet in Wien. Noch sind Stücke bestimmt für das K. böhm. vaterländische Museum in Prag, das Johanneum in Gratz und einige andere inländische Institute. — Vor dem Zerschneiden wurde ein Gypsmodell gemacht, so wie auch von dem kleineren Stücke. Dieses letztere Stück wollte Hr. Prälat Rotter dem Stifte als Andenken erhalten. Indessen wurden ihm bereits 6000 Gulden K. M. dafür geboten. Der würdige Prälat faßte aus diesem Anlasse den menschenfreundlichen Entschluß, den gewifs Jedermann gerne in seinen eigenen Worten hören wird: »Ich habe mich aus Liebe zur leidenden Menschheit und zu meinen Landsleuten entschlossen, diesen Meteoriten um den höchsten Anbot zu veräußern, das erhaltene Geld als eine Himmelsgabe hypothekarisch sicher zu eloziren, und damit den Grund zur Stiftung eines Krankenhauses für die Braunauer Herrschaft zu legen,« und »eine gute That ist ein reelleres Andenken als Erz und Steine.« Ein weiterer Beweggrund war, daß der Wissen-

schaft mehr gedient würde, wenn der Meteorit in einer grossen Stadt in einer öffentlichen Sammlung, oder dem Cabinet eines hohen Mäcens der Naturwissenschaften den Gelehrten leichter zugänglich ist, als in dem entfernten Stifte. Möge sich ein großmüthiger Käufer finden. Es hat wohl nie eine meteorische Masse eine bessere, des Menschen und Christen würdige Verwendung gefunden als diese, welche die Vorsehung in die Hand des trefflichen Prälaten gab.

Aber die natürliche Beschaffenheit ist die auferordentlichste, die man sich denken kann. Eisen, vollkommen homogen, dabei theilbar mit vollkommenen Theilungsflächen, parallel den drei Richtungen des Würfels, fast so leicht wie Bleiglanz! Das ganze 4 Pfund schwere Stück scheinbar *ein einziges Individuum*. Ganz gewiss ist dies der Fall bei einem Theile des Stückes mit respective drei Dimensionen des Würfels, von dem es einen Theil bildet, von 4 Zoll, 3 Zoll und 2 Zoll. Die Schnittfläche und die Oberfläche lassen die Theilbarkeit nicht erkennen, aber von der Hauptschnittfläche aus ist ein Bruch von $3\frac{3}{4}$ Zoll Länge und $1\frac{1}{4}$ Zoll Breite entblößt.

Diese vollkommen durch und durch krystallinische Struktur unterscheidet das Braunauer Meteoreisen von allen bisher bekannt gewordenen, wenn diese auch deutlich krystallinische Struktur, vorzüglich in den Widmannstätten'schen Figuren, selbst in grösseren Individuen zeigen. Die dem Octaëder entsprechenden Trennungsflächen derselben haben aber mehr den Charakter von Krystallschalen als von wirklichen Theilungsflächen. Das Arvaer Eisen in ein Paar Stücken im K. K. Hof-Mineralienkabinete erscheint in nahe octaëdrischen und tetraëdrischen Fragmenten. Nur bei der Braunauer Masse ist der Charakter von Theilungsflächen unverkennbar.

Was läßt sich aber nach der Vollkommenheit der Bildung aus Analogien schliessen. Nicht ein tumultuarisches Zusammenstürzen aus der von Hrn. Pollak so trefflich beobachteten scheinbar unbeweglichen schwarzen Wolke; im Gegentheile, lange Perioden innerer Krystallisationsthätigkeit, wodurch sich die Theilchen nach und nach in die wunderbare Regelmässigkeit fügen konnten, die uns jetzt in der so vollkommenen Theilbarkeit überrascht.



**THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY**

**ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS**

R

L

5



Bo
achinusteneretur

6



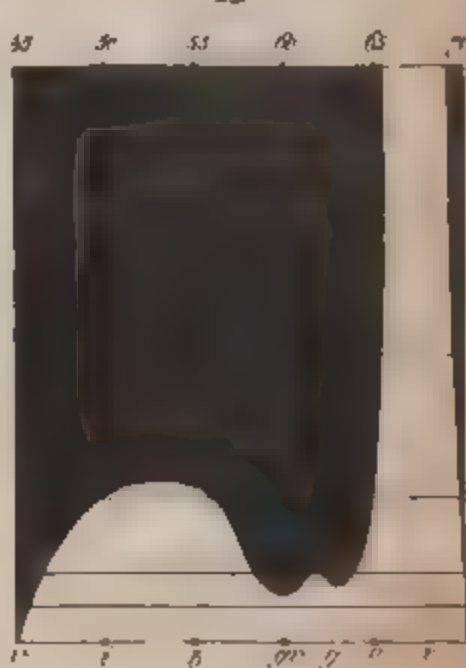
Schwefel Thigercorydamme,
nach mit doppelt chromf
Färb

11



Blau 2. schwefelcyanisen
atherische Lösung
Guine

12



Närmen

THE NEW YORK

TILDEN FOUNDATIONS
R L

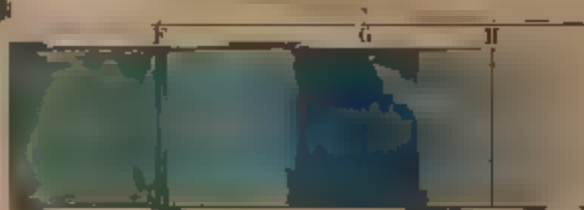
1



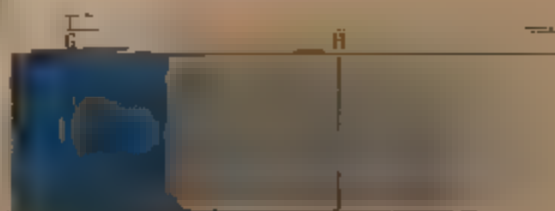
2



3



4



5

12



THE NEW YORK

LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS

R

L

Taf. II.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS

THE NEW YORK

LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS

R

L

Tay. N.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS

THE
OFFICE OF THE
ATTORNEY GENERAL

IN THE
MATTER OF THE
SNOODMAN
L

